ESTUDIOS CONTEMPORÁNEOS ASOCIADOS AL ENTRENAMIENTO Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

TENDENCIAS

ESTUDIOS CONTEMPORÁNEOS ASOCIADOS AL ENTRENAMIENTO Y RENDIMIENTO DEPORTIVO

Luis Enrique Carranza García
Germán Hernández Cruz
Ricardo López García
Fernando Alberto Ochoa Ahmed
Blanca Rocío Rangel Colmenero

TENDENCIAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

UANL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE NUEVO LEÓN
Secretaría de Extensión y Cultura

Jesús Ancer Rodríguez
Rector
Rogelio G. Garza Rivera
Secretario General
Rogelio Villarreal Elizondo
Secretario de Extensión y Cultura
Celso José Garza Acuña
Director de Publicaciones
Oswaldo Ceballos Gurrola
Director de la Facultad de Organización Deportiva

Padre Mier No. 909 poniente, esquina con Vallarta
Monterrey, Nuevo León, México, C.P. 64000
Teléfono: (5281) 8329 4111 / Fax: (5281) 8329 4095
e-mail: publicaciones@uanl.mx
Página web: www.uanl.mx/publicaciones

Primera edición, 2015

ISBN:

Impreso en Monterrey, México
Printed in Monterrey, Mexico

Índice

Prólogo

A lo largo de mi trayectoria como responsable del Instituto Estatal de Cultura Física y Deporte del estado de Nuevo León he tenido la oportunidad de constatar que la actividad deportiva actual de rendimiento plantea retos cada vez más relacionados con la obtención de altos logros deportivos ligados al conocimiento que las ciencias aplicadas aportan a los procesos de preparación deportiva.

De manera global, estos procesos y acciones cuidadosamente planificadas son realizados por Instituciones académicas e instituciones deportivas tales como universidades, institutos del deporte, federaciones, asociaciones, entrenadores y atletas que a través de grandes esfuerzos buscan de manera constante la excelencia deportiva; este fenómeno en particular encuentra su fundamento en la permanente curiosidad de los especialistas, académicos e investigadores en el campo del entrenamiento deportivo para llevar fundamentos teórico-prácticos aportados por el saber científico a través de líneas de investigación que coadyuven con el enriquecimiento de dichos procesos de preparación, por lo que en esta constante búsqueda de la excelencia deportiva y en el intento de ofrecer soluciones de carácter científico a la problemática que históricamente plantea dicha tarea, la Facultad de Organización Deportiva a través de un grupo selecto de investigadores y alumnos destacados de los programas de posgrado especialistas en la evaluación y control del rendimiento deportivo se dieron a la tarea de plasmar en el libro "Estudios contemporáneos asociados al entrenamiento y rendimiento deportivo", el resultado de una serie de investigaciones que intentan dar solución a través de experiencias científico-practicas a la problemática que surge de la falta de una evaluación y control adecuados de los procesos de preparación orientados hacia la maestría deportiva.

Desde mi perspectiva, puedo asegurar que el presente libro servirá de guía y apoyo para todos los especialistas de las ciencias del ejercicio relacionados al entrenamiento deportivo, ya que proporciona herramientas sustentadas en la implementación del método científico para disciplinas deportivas pertenecientes a diferentes grupos técnico-metodológicos con importantes líneas de investigación relacionadas con el control biológico del entrenamiento, la composición corporal, control y desarrollo de capacidades condicionales por medio del estudio de metodologías especificas de entrenamiento, además de estudios relacionados con procesos de recuperación para diferentes disciplinas deportivas.

Una gran felicitación a la Universidad Autónoma de Nuevo León y a la Facultad de Organización Deportiva por tan importante esfuerzo en el desarrollo de la investigación deportiva y la aplicación de esta al fascinante mundo del **ENTRENAMIENTO DE ALTO RENDIMIENTO.**

M.A.P. Erika Melody Falcó Díaz
Directora del Instituto Estatal de Cultura Física
y Deporte del Estado de Nuevo León

Fuerza y velocidad en el fútbol

Luis Enrique Carranza García, Mario Domínguez Sosa
y Ricardo Navarro Orocio

Prefacio

El estudio de los factores que influyen en el rendimiento deportivo ha sido de interés desde que se creó la competición. Históricamente los jugadores de deportes colectivos se han entrenado con metodologías de entrenamiento diseñados en un principio para el atletismo donde la característica biomecánica fundamental es que el esfuerzo es continuo, contario a los deportes colectivos donde los esfuerzos son intermitentes, teniendo lapsos de esfuerzos continuos de corta duración e intensidad variables, así como recuperaciones activas y pasivas a lo largo de la competición, por esto, actualmente se considera inviable aplicar metodologías de entrenamiento tradicionales del atletismo. En deportes colectivos intermitentes como el fútbol la biomecánica realizada implica una importante diferencia entre la participación de los metabolismos y aplicación de fuerza durante la competición, así como los demás factores de rendimiento específicos de los deportes colectivos; además el calendario de competición es muy diferente ya que un deporte colectivo normalmente se compite a lo largo de todo el año y se requiere de un estado de forma óptimo a lo largo de toda la temporada, a diferencia de un deporte individual donde normalmente se tiene una o dos competiciones fundamentales al año.

Tradicionalmente al jugador de fútbol profesional al inicio de la pretemporada se le somete a una prueba funcional de laboratorio donde además de descartar principalmente alguna disfunción cardíaca y física, se realiza para determinar la Capacidad Aeróbica a través de la determinación del Consumo Máximo de Oxígeno (VO_{2max}) y su correspondiente frecuencia cardíaca (FC), con estos valores se establecen zonas de trabajo para que el preparador físico tenga una idea de cómo están los jugadores y tener una base para planificar el entrenamiento. Actualmente algunos investigadores y académicos creen que el jugador de fútbol pudiera hacer pruebas que le ayudasen a determinar de una forma más específica el estado de entrenamiento del jugador y poder obtener datos de rendimiento específico para la planificación de la temporada como por ejemplo a través de la medición de la fuerza explosiva y la resistencia a la fuerza explosiva. La fuerza explosiva es realizar una acción a la máxima velocidad posible (alta intensidad), independientemente de la carga, y la resistencia a la fuerza explosiva es aquella que el deportista es capaz de poder manifestarla repetidamente a lo largo de la competición con el menor déficit, se sabe que en deportes colectivos se realizan esprines de corta duración con diferentes pausas de recuperación activas o pasivas a lo largo de una competición, el jugador que sea más explosivo tiene más posibilidades de llegar antes que su rival al balón, hacer un cambio de ritmo y dejar atrás a un rival, patear a más velocidad un balón, etc., es por esto que se considera a la fuerza explosiva como un factor de rendimiento específico de este tipo de deporte. Por lo anterior, el debate de la importancia que pudiera tener el determinar el VO_{2max} para establecer zonas de trabajo y planificar el entrenamiento en jugadores de fútbol para

que estos mejoren su nivel de rendimiento competitivo es interesante. El estudiar la relación entre el VO_{2max} y la fuerza explosiva con el nivel de rendimiento competitivo lo consideramos básico debido a que muchos entrenadores hoy en día consideran que el VO_{2max} es fundamental determinarlo ya que se asocia con el nivel de rendimiento de competición del jugador de fútbol.

En este trabajo nos centraremos específicamente en definir los principales conceptos asociados a la fuerza y la velocidad, algunos métodos de entrenamiento y su respectiva evaluación, para posteriormente analizar la relación que hay entre la velocidad y la fuerza en jugadores jóvenes de fútbol.

Al respecto, los autores consideramos que los resultados encontrados en el presente trabajo son de interés para entrenadores, deportistas, académicos y médicos del deporte.

Principales factores de rendimiento condicionales asociados al fútbol

El rendimiento en el fútbol depende de una cantidad incontable de factores: técnicos, tácticos, físicos y mentales. En relación a los factores físicos del fútbol los académicos tradicionalmente los han clasificado en dos principales factores de rendimiento: la resistencia y la fuerza. Sin duda alguna el tema de la resistencia es de gran importancia y por ende de preocupación por los expertos, ya que en la literatura científica, ha sido ampliamente reportado que los jugadores de campo de máximo nivel recorren distancias de entre 8 -12 km durante un partido y cerca de 4 km los porteros (Stølen, Chamari, Castagna & Wisløff, 2005), a su vez los jugadores de campo que mayor distancia recorren son los medio campistas, y que los profesionales recorren más distancia durante un partido que los no profesionales, de aquí que los estudios enfocados en determinar los aspectos relevantes del fútbol han sido centrados en conocer la intensidad realizada en un partido, llegando a la conclusión de que el fútbol es principalmente dependiente del metabolismo aeróbico y que durante 90 minutos de duración de un partido el jugador de término medio compite a una intensidad cercana al umbral anaeróbico (la mayor intensidad de trabajo posible donde el lactato que se produce es igual al que se elimina, el cual está entre el 80% y el 90% de la frecuencia cardiaca máxima de los futbolistas) (Stølen et al., 2005), por ello debido a que el umbral anaeróbico está a un porcentaje por debajo del VO_{2max} la mayoría de los académicos, preparadores físicos, directores técnicos y científicos estén de acuerdo en enfocar el entrenamiento en mejorar los niveles de VO_{2max}.

Por otra parte debido a que no existen protocolos estandarizados para medir la fuerza en futbolistas se dificulta el comparar los resultados entre diferentes estudios (Stølen et al., 2005), los test más comunes utilizan máquinas isocinéticas (Arnason et al., 2004; Casajús, 2001), que para Stølen et al. (2005) no reflejan los movimientos de los miembros involucrados en el fútbol. Para Wisløff, Helgerud y Hoff (1998), los test que emplean pesos libres (barras olímpicas) reflejan la fuerza funcional del jugador de fútbol más adecuadamente. Además de que estos son más fácil de utilizar y más baratos que las máquinas isocinéticas, por lo cual cualquier club puede disponer de ellos.

El mejorar la fuerza incide en la mejora de la técnica y la coordinación (Almåsbakk & Hoff, 1996) intra e intermuscular. El sistema neuromuscular también reacciona sensiblemente en términos de adaptación, a un estímulo de contracción lento o rápido (Schmidtbleicher, 1992). De hecho la velocidad de ejecución (que es considerada como una forma de expresión de la intensidad (González-Badillo, 1991)), constituye una forma de

intensificación del entrenamiento, además el mover una misma resistencia a una mayor velocidad incrementa la intensidad del ejercicio, lo que produce una mayor potencia y un mayor índice de realización de trabajo, por lo que repercutiría en el sistema neuromuscular favoreciendo la frecuencia de estimulación, cambios en el reclutamiento y sincronización de las fibras musculares, que tendría una clara incidencia en la estructura del músculo, estimulando e hipertrofiando selectivamente las fibras de contracción rápida (FT), fundamentales en la manifestación de la fuerza explosiva (fuerza rápida) (González-Badillo, 1991).

Actualmente es aceptado que existe una relación entre la fuerza máxima y la fuerza explosiva en jugadores de fútbol de alto nivel (Requena et al., 2009; Wisløff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004) y de jugadores de Handball (Marques, van den Tillaar, Vescovi, & González-Badillo, 2007). La fuerza desde el punto de vista mecánico es toda causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo. Desde el punto de vista fisiológico es la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse. La medición de a fuerza (se expresa en Newtons (N)) se puede hacer en acciones de acortamiento (concéntricas), estiramiento (excéntricas), estáticas (isométricas), o en ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA). La fuerza isométrica o estática máxima es cuando no hay movimiento, es la máxima fuerza voluntaria que se aplica cuando la resistencia es insuperable, es medida con plataformas de fuerza o dinamómetros. La fuerza dinámica máxima es aquella cuando la resistencia (pesas, balones medicinales, peso corporal, etc.) que se utiliza para medirla se supera, pero solo se pueda hacer una vez (1RM), se suele medir con pesos libres (sin instrumentos adicionales de medida), plataformas de fuerza, sistema isocontrol y máquinas isocinéticas (González-Badillo & Gorostiaga, 2002). La fuerza explosiva (FE) es el resultado de la relación entre la máxima fuerza producida (manifestada o aplicada) y el tiempo necesario para manifestarla, ante cualquier resistencia (estática o dinámica). Por tanto la FE (en inglés rate of force development (RFD)) es la producción de fuerza por unidad de tiempo (expresada en N.s-1) y puede ser medida casi en cualquier gesto específico de competición como en carrera, salto, lanzamientos, golpeos, etc.

En el fútbol como en otros deportes una de las formas más prácticas de determinar la fuerza máxima dinámica es realizando un tradicional test de 1RM utilizando solamente pesos libres como barras y discos olímpicos en ejercicios de sentadilla o prensa de pecho (Requena et al., 2009; Wisløff et al. 1998; Wisløff et al., 2004; Wong & Wong, 2009), este test es sencillo y barato, sin embargo solo puede proporcionar información de fuerza expresadas en kilogramos desplazados en sentido vertical, este test es llamado como una repetición máxima (1RM). Teniendo en cuenta que pocas veces y muy pocos entrenadores o preparadores físicos pueden disponer de máquinas como plataformas de fuerza, sistema isocontrol, el test de 1RM puede ser útil para la programación del entrenamiento y su control.

La fuerza explosiva se suele valorar en los gestos deportivos que más se asemejen a la competición, así a un corredor es más recomendable medirlo cuando corre, un lanzador cuando lanza, etc. En el fútbol los test que suelen ser utilizados para medir la FE son los saltos (SJ, CMJ) (Cronin & Hansen, 2005; Wong & Wong, 2009) y los sprints, ya que ha sido reportado que el 96% de los sprint son menores a 30 m (Valquer, Barros & Sant'Anna, 1998) las distancias de los test de sprint son entre 10-30 m (Wisløff et al., 2004; Wong & Wong, 2009). Los saltos se miden con plataformas de contacto, estas miden el tiempo de vuelo y el tiempo de contacto, los sprint se miden a través de células foto-

eléctricas (Stølen et al., 2005) que registran el tiempo en recorrer la distancia preestablecida.

Conceptos básicos de la fuerza

La fuerza

La definición de fuerza desde el punto de vista de la mecánica se centra en el efecto externo, generalmente observable, producido por la acción muscular, la atracción de la gravedad o la inercia de un cuerpo. Sin embargo desde el punto de vista fisiológico la fuerza es la tensión generada por el músculo es algo interno, que puede tener relación con un objeto (resistencia) externo o no. Tanto si la tensión es generada por la oposición de una resistencia externa [acción de la gravedad (peso) o inercia de los cuerpos en movimiento] como si se produce por la tensión simultánea de los músculos agonistas y antagonistas, en el músculo se produce una deformación. La magnitud de la deformación es un indicador del estrés producido por las fuerzas que originan dicha deformación (Mc Giness, 1999 citado en González-Badillo & Gorostiaga, 2002). Por otra parte, tensión es el estado de un cuerpo estirado por la acción de las fuerzas que lo solicitan, así como la fuerza que impide que se separen las diversas porciones de un cuerpo que se halla en ese estado. En nuestro caso las fuerzas de tensión son las que tiran internamente de las estructuras que están bajo tensión. Por tanto, la tensión muscular se puede definir como el grado de estrés mecánico producido en el eje longitudinal del músculo cuando las fuerzas internas tienden a estirar o separar las moléculas que constituyen las estructuras musculares y tendinosas.

La tensión se produce durante la activación del músculo (generalmente se utiliza el término, quizás menos apropiado, de "contracción" en lugar de "activación"), la cual tiene lugar cuando el músculo recibe una impulso eléctrico y se libera la energía necesaria, lo que dará lugar a la unión y desplazamiento de los filamentos de actina y miosina en el sentido de acortamiento sarcomérico y elongación tendinosa. La activación siempre tiende a acortar los sarcómeros, tanto si el músculo se esté acortando (activación concéntrica) como elongando (activación excéntrica). Por tanto, el término "activación" puede ser definido como el estado del músculo cuando es generada la tensión a través de algunos filamentos de actina y miosina (Komi, 1986). La mayor o menor rapidez en la activación depende de la tensión producida en la unidad de tiempo, sin tener en cuenta la velocidad del movimiento e incluso ni siquiera si existe movimiento o no. La acción natural del músculo cuando se activa es de acortamiento en el sentido de su eje longitudinal, pero según la voluntad del sujeto o la relación que se establezca con las resistencias externas, la activación del músculo puede dar lugar a tres acciones diferentes: acortamiento o acción dinámica concéntrica o miométrica (superación de la resistencia externa, la fuerza externa actúa en sentido contrario al del movimiento, trabajo positivo), alargamiento/estiramiento o acción dinámica excéntrica o pliométrica (cesión ante la resistencia externa, la fuerza externa actúa en el mismo sentido que el movimiento, trabajo negativo) y mantenimiento de su longitud o acción isométrica o estática [la tensión (fuerza) muscular es equivalente a la resistencia externa, no existe movimiento ni, por supuesto, trabajo mecánico]. La denominación de acción isométrica (igual o la misma medida) no se ajusta a la realidad totalmente, pues lo único que se mantiene igual es el ángulo en el que se está produciendo la tensión muscular, pero la acción del músculo es de acortamiento de fibras y de estira-

miento de tejido conectivo, como el tendón (Siff, 1993). Por tanto, desde la observación externa de la acción, como no hay movimiento, lo más adecuado sería denominar a este tipo de acción como estática, y en relación con la actividad muscular sería una acción concéntrica estática. Para González-Badillo y Gorostiaga (1997), los términos "concéntrico" (el mismo centro) y "excéntrico" (sin centro o distinto centro) no son adecuados, pero indica que su utilización está tan generalizada que no tiene sentido modificarla, aunque para este autor sería más adecuado utilizar acortamiento y estiramiento (o alargamiento), respectivamente. Cuando las tres acciones se producen de manera continua en este orden: excéntrica- isométrica concéntrica ,y el tiempo de transición entre la fase excéntrica y concéntrica es muy corto, daría lugar a una acción múltiple denominada ciclo estiramiento acortamiento (CEA), que en el lenguaje del entrenamiento toma el nombre, incorrecto, aunque muy aceptado, de acción pliométrica, ya que en esta acción se da una fase pliométrica ("más" medida, alargamiento), una miométrica ("menos" medida, acortamiento) y una isométrica (transición entre el alargamiento y el acortamiento) (González-Badillo & Gorostiaga, 2002).

Lo que interesa en el deporte es medir la fuerza aplicada, pues de ella depende la potencia que se puede generar, que es, desde el punto de vista del rendimiento físico el factor determinante del resultado deportivo, tanto cuando la potencia debe ser la máxima en unas condiciones dadas como cuando se trata de mantener durante más o menos tiempo un determinado valor de potencia, que en el fondo no es más que la aplicación de una determinada fuerza. Por tanto, una definición de fuerza aplicable en el rendimiento deportivo sería: fuerza es la manifestación externa (fuerza aplicada) que se hace de la tensión interna generada en el músculo (González-Badillo & Gorostiaga, 2002).

Medición de a fuerza manifestada

La medición de la fuerza manifestada se puede hacer en acciones de acortamiento, estiramiento, estáticas o en CEA. Cuando se mide la fuerza en acciones dinámicas concéntricas y en CEA (las formas más habituales y útiles en el deporte), se puede medir la fuerza media de todo el recorrido, el pico máximo de fuerza y la relación de cada valor de fuerza y el tiempo en el que se obtiene.

En acciones dinámicas como un ejercicio de prensa de pecho el pico máximo de fuerza aplicada se encontrará a los pocos milisegundos de haber iniciado el movimiento (al igual que en la sentadilla) (Figura 1), debido al brusco cambio de aceleración producido en esos momentos, y los codos estarán todavía muy flexionados.

Características de la manifestación de la fuerza en el deporte

Al hablar de la medición y valoración de la manifestación de la fuerza, los dos únicos valores que se pueden y deban de medir son el pico de fuerza que nos interesa y el tiempo necesario para llegar a alcanzarlo, es decir, valor de la fuerza que se mide y se quiere analizar y relación entre esa fuerza y el tiempo necesario para conseguirla. La relación fuerza-tiempo da lugar a lo que se conoce como curva fuerza-tiempo. (C f-t).

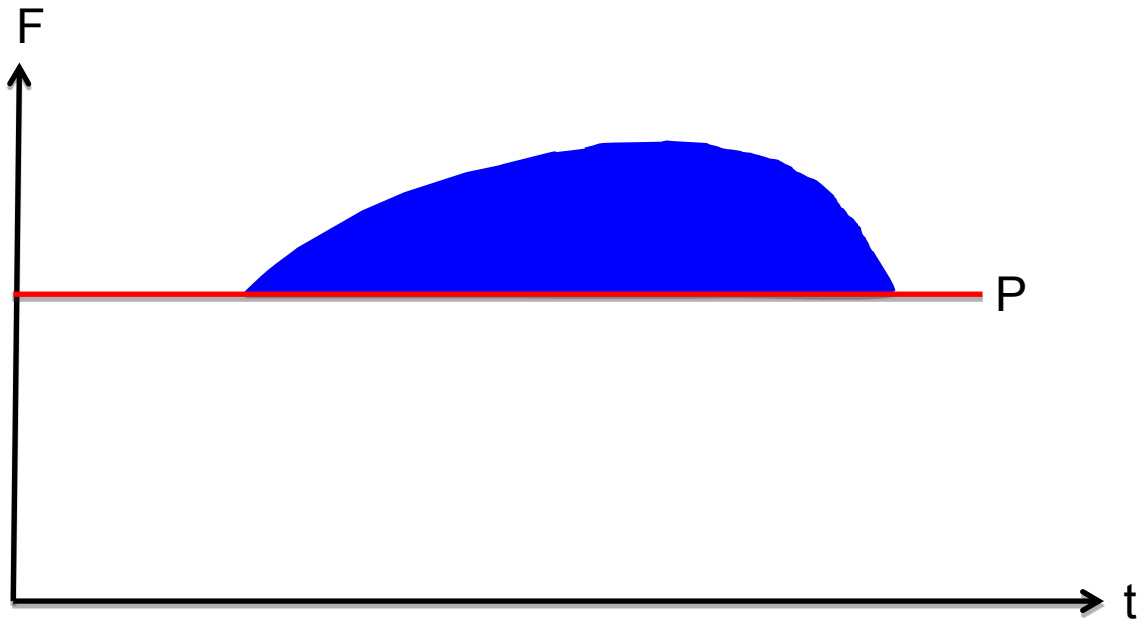


Figura 1. Manifestación de fuerza (F) en el tiempo (t). P = resistencia a vencer (Adaptado de Verkhoshansky, 1986 citado por González-Badillo y Gorostiaga, 2002). El área sombreada indica la diferencia entre la fuerza a superar (P) y la ejercida por el sujeto. El incremento de esta área es lo que pretendemos mejorar con el entrenamiento. La velocidad con la que se desplace la resistencia (peso) será directamente proporcional a la diferencia entre la fuerza aplicada y el valor de la fuerza que representa la resistencia.

Toda acción o todo movimiento se produce generando dicha curva. Ante una resistencia a vencer, el efecto del esfuerzo viene determinado por la relación entre esa resistencia y la magnitud de la fuerza manifestada para superarla. Cuanto mayor sea la fuerza y más rápidamente se manifieste, mayor será la velocidad a la que se desplace la resistencia. El objetivo del entrenamiento, por tanto, debe consistir en mejorar en la mayor medida posible la fuerza aplicada para vencer una resistencia dada.

Pico máximo de fuerza

Fuerza isométrica/ estática máxima

El pico máximo de fuerza (PMF) que se mide cuando no hay movimiento es el valor de fuerza isométrica máxima (FIM) o fuerza estética máxima. Esta fuerza es la máxima fuerza voluntaria que se aplica cuando la resistencia es insuperable. Si se cuenta con los instrumentos adecuados, la medición de esta fuerza dará lugar a la C f-t isométrica o estática. Esta fuerza se mide en N.

Fuerza dinámica máxima

Si la resistencia que se utiliza para medir la fuerza se supera, pero sólo se puede hacer una vez, la fuerza que se mide es la fuerza dinámica máxima (FDM). Esta fuerza se expresa en N. La medición con instrumentos adecuados nos proporcionaría la C f-t dinámica. Cuando

no se dispone de instrumentos de medida se puede expresar en kg, pero se desconocería la fuerza aplicada. Se suele considerar como el valor de una repetición máxima (1RM).

Fuerza dinámica máxima relativa

Al medir la fuerza aplicada con resistencias inferiores a aquella con la que se haya medido la FDM (1RM), nos encontraremos con una serie de valores, cada uno de los cuales será una medición de fuerza dinámica máxima, pero todos ellos han de denominarse como valores de fuerza máxima relativa (FDMR), ya que siempre existirá un valor superior de fuerza dinámica que será la FDM. Por tanto, un sujeto tendrá un solo valor de FDM en un movimiento y condiciones concretas, pero tendrá numerosos valores de fuerza debido a las distintas resistencias utilizadas de FDMR (Figura 2). Esta fuerza solo se puede expresar en N. La medición con instrumentos adecuados nos proporcionaría distintas curvas de f-t dinámicas. La relación de estas curvas con la C f-t correspondiente a la FDM o a la FIM nos puede informar de las características del sujeto y de su estado de forma actual (González-Badillo & Gorostiaga, 1997).

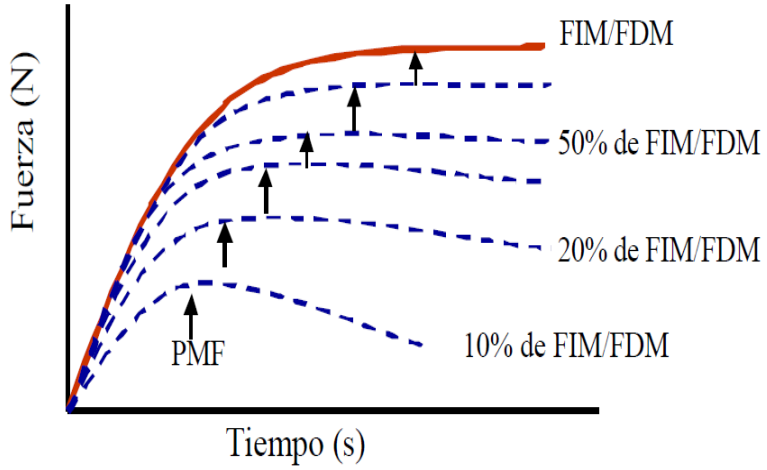


Figura 2. Valores de Fuerza Dinámica Máxima Relativa: cuando la carga es inferior a la FIM o la FDM, el PMF que se puede alcanzar será progresivamente menor.

Concepto de velocidad

La velocidad es derivada de la distancia que recorre una masa y el tiempo que tarda en recorrerla ($V=d/t$ $m.s^{-1}$), por lo cual se considera que el nivel de fuerza es fundamental para aplicar una mayor velocidad ante una determinada carga. De hecho para Legaz-Arrese (2012) cuando se aplica la máxima intensidad posible en el desplazamiento de una determinada carga o resistencia, la fuerza, velocidad, aceleración y potencia pueden ser utilizados como conceptos sinónimos. Incluso este autor considera que sólo se manifiesta la máxima fuerza cuando se desplaza la carga con la máxima aceleración posible, lo que determina que se ha desarrollado la máxima velocidad, y por tanto la máxima potencia. Sin embargo, al hablar de distintos niveles de carga, la fuerza, velocidad, y potencia no pueden ser utilizados como conceptos sinónimos. Debe tenerse en cuenta que cuanto ma-

yor es el nivel de carga, mayor es la fuerza que puede aplicarse y menor la velocidad de desplazamiento, y por tanto, cuanto menor es el nivel de carga menor es la magnitud de fuerza y mayor la velocidad. La máxima potencia, resultado del producto de la fuerza y la velocidad, se manifiesta habitualmente a una intensidad de carga relativa media.

La fuerza constituye uno de los principales factores de rendimiento en la mayoría de las modalidades deportivas. De hecho, únicamente se puede producir una variación en el movimiento si existe una aplicación de fuerza. La fuerza, al igual que la velocidad, aceleración, trabajo, y potencia, es una variable mecánica derivada de la masa, la distancia, y el tiempo.

La fuerza y la potencia son las variables mecánicas más utilizadas en el contexto del entrenamiento deportivo. Desde una perspectiva física, Legaz-Arrese (2012) define la fuerza como la acción que produce cambios en el estado de reposo o movimiento de un cuerpo o bien que produce deformaciones, siendo su formulación, F = masa x aceleración. La potencia establece la relación entre el trabajo realizado por unidad de tiempo, siendo su formulación, P = fuerza x velocidad.

Ante una determinada magnitud de masa, carga, o resistencia a superar, la fuerza que manifiesta un deportista depende exclusivamente de su capacidad para acelerar la carga. En consecuencia, para cada nivel de carga, el deportista manifiesta la máxima fuerza posible únicamente cuando realiza el máximo esfuerzo para mover la carga a la máxima velocidad posible. Simultáneamente, esto implica realizar el máximo trabajo por unidad de tiempo, manifestando la máxima potencia para ese nivel de carga. Desde esta perspectiva, cuando se realiza el máximo empeño posible para superar una resistencia, es equivalente indicar que se ha desarrollado la máxima velocidad de desplazamiento, la máxima potencia, y la máxima fuerza. Legaz-Arrese (2012) indica que para una determinada magnitud de carga, la manifestación máxima de fuerza y de potencia es a lo que comunmente se le llama fuerza explosiva. Debido a que durante el rango de movimiento en el desplazamiento de una carga la velocidad no es constante, los valores de aceleración, fuerza, y potencia varían durante el periodo de tiempo de aplicación de fuerza. Así, en realidad, para cada instante de tiempo de duración del movimiento se puede medir valores diferentes de velocidad, aceleración, fuerza, y potencia. La magnitud de la carga también está relacionada con la duración del movimiento, y por tanto, con el tiempo de manifestación de fuerza. Al respecto, se necesita más tiempo para realizar el mismo rango de movimiento conforme incrementa la magnitud de la carga, lo que simultáneamente implica una menor velocidad de desplazamiento. Estas relaciones entre la magnitud de la carga, la fuerza manifestada, el tiempo de manifestación de fuerza, y la velocidad de desplazamiento de la carga, determinan los principios fundamentales del entrenamiento de la fuerza.

Evaluación de la fuerza

La evaluación de la fuerza forma parte del control del entrenamiento. El control tiene como objetivo proporcionar constante información acerca de los efectos del trabajo realizado y del estado físico-técnico del deportista. A través de él se racionaliza el proceso de entrenamiento, ya que gracias a la información se puede proporcionar el estímulo más ajustado y obtener los mejores rendimientos con el menor esfuerzo (González-Badillo & Gorostiaga, 1997).

Objetivos de la evaluación

La valoración de la fuerza se puede hacer al menos para conseguir algunos de los siguientes objetivos:

* Controlar el proceso de entrenamiento / cambios en el rendimiento
* Valorar la relevancia de la fuerza y la potencia en el rendimiento específico: varianza explicada
* Definir las necesidades de fuerza y potencia
* Definir el perfil del deportista: puntos fuertes y débiles
* Comprobar la relación entre los progresos en fuerza y potencia y el rendimiento específico: relación entre cambios
* Predecir los resultados, etc.

Factores que influyen en la medición

Cuando se pretende realizar una medición, se debe considerar lo siguiente:

¿Qué es lo que se pretende medir?: fuerza, velocidad, fatiga, técnica, relación entre diferentes cualidades, la carga de entrenamiento... No siempre es fácil conocer la esencia y la estructura de lo que se quiere medir, por lo que a veces se quiere medir una cosa y se medie otra. Por tanto, hay que buscar la validez de la medición, asegurarse de que lo que se pretende medir es realmente lo que se medie. En la mayor parte de los casos, se medie una cosa a través de otra: por ejemplo, la fuerza explosiva a través de la elevación del centro de gravedad en un salto vertical. Para que esto tenga validez, es necesario que se compruebe que lo que se mide directamente refleja en realidad la cualidad o característica que se quiera medir indirectamente.

El instrumento de medida ha de poseer una constancia y precisión suficientes, de forma que cada magnitud de la característica, cualidad o fenómeno que se mide reciba idéntica o suficiente semejanza en la valoración en todos los casos en que sea utilizado el instrumento. De esto depende la confianza que podamos conceder a los datos, es decir, la fiabilidad de la medición.

También es necesario considerar las circunstancias en las que se realiza la medición: el calentamiento previo, la temperatura, la hora, y, sobre todo, la actitud del deportista, que no siempre se "entrega" de la misma forma en la realización de un test.

Método isométrico

Este método consiste en realizar una activación muscular voluntaria máxima contra una resistencia insalvable. Se pueden utilizar aparatos especialmente diseñados para ello o procedimientos más "caseros". Entre los primeros están las células de carga (galgas extensiométricas o piezoeléctricas), colocadas en plataformas dinamométricas o en otros tipos de transductores de fuerza, y las máquinas isocinéticas. Entre los segundos estarían los

pesos libres utilizados con cargas progresivas hasta llegar a una resistencia imposible de desplazar. Con los primeros se obtiene más información y más precisa que con los segundos (González-Badillo y Gorostiaga, 1997).

Método isocinético

Consiste en realizar activaciones musculares concéntricas y excéntricas, en las que la velocidad permanece constante durante la mayor parte del recorrido.

Las activaciones isocinéticas sólo pueden realizarse con máquinas electrónicas especiales. Su utilidad está limitada por el coste del material y por ciertos problemas que presenta el propio sistema de medida.

En la fase inicial del movimiento es necesaria una aceleración en el desplazamiento angular de la articulación que está siendo sometida al test, hasta que se alcanza la velocidad establecida de antemano y ésta queda regulada, fijada, por el mecanismo de control de la máquina. A altas velocidades, el tiempo para obtener la fase isocinética es muy alto, por lo que sólo una pequeña fase del recorrido es, realmente, isocinética.

Asociado a la alta velocidad está también el "choque" que se produce al "frenar" la máquina, de manera brusca, el movimiento de un miembro de la articulación medida, con la consiguiente oscilación en el registro de la fuerza. Por tanto, parece que un método isocinético no es muy apropiado para medir fuerzas a altas velocidades. De aquí se deduce que el pico de fuerza máxima siempre vendría expresado más tardíamente que si desde el primer momento se pudiese aplicar la máxima fuerza. Esto también va a influir en el ángulo en el cual se produce dicha fuerza.

Según estos planteamientos, estas máquinas tendrían una aplicación más apropiada con velocidades muy bajas y con activaciones isométricas, que también se pueden realizar con ellas, en distintos ángulos. En algunos casos, están equipadas para realizar pruebas de activación excéntrica máxima, lo que probablemente sería de utilidad, aunque creemos que en un segundo plano (González-Badillo y Gorostiaga, 1997).

Las principales ventajas de este sistema de medición son que permite comparar músculos agonistas y antagonistas, permite medir acciones isométricas, concéntricas y excéntricas y se pueden comparar los miembros entre sí (desequilibrios).

Según Kannus (1994), las mayores desventajas de las mediciones isocinéticas se deben a que es un movimiento no natural.

Métodos isoinerciales activaciones concéntricas con pesos libres o máquinas

Estos métodos se dividen en tres grupos:

- Pesos libres sin instrumentos adicionales de medida
- Pesos libres medidos con el instrumento de medición lineal de fuerza "Isocontrol”
- Plataformas de fuerza

Pesos libres sin instrumentos adicionales de medida

Es el sistema más habitual, sencillo y barato de medir la fuerza, aunque sólo puede proporcionar información sobre valores de fuerza dinámica máxima expresados en kilogramos desplazados en sentido vertical, generalmente. El resultado de estos tests también se conoce como "una repetición máxima" (1RM). Teniendo en cuenta que pocas veces podemos medir la fuerza isométrica máxima, y mucho menos la excéntrica, la medición o la estimación de este dato puede ser útil tanto para la programación del entrenamiento como para su control. Los ejercicios utilizados para medir 1RM en la mayoría de los deportistas no deben exigir una técnica compleja como sentadilla, prensa de banca. Para deportistas con niveles importantes de fuerza se suele utilizar además de los anteriores los ejercicios de técnica compleja (aquellos que implican un mayor número de grupos musculares y su realización exige al menos un dominio mediano de su técnica), entre ellos, los más fáciles y usados son la arrancada de fuerza y cargada de fuerza.

Pesos libres medidos con el "Isocontrol"

Al realizar los tests con pesos libres, nos podemos acercar bastante a la situación real de competición, lo cual es muy positivo, pero nos quedamos escasos de información. Cuando utilizamos máquinas isocinéticas, tenemos más información, pero nos alejamos mucho de las condiciones que se dan en los movimientos explosivos, los más frecuentes en las actividades deportivas.

Con el dispositivo electrónico de medición lineal de fuerza concéntrica, denominado "Isocontrol", se pueden conseguir los mismos datos que con los pesos libres y, además, otros relacionados con la velocidad, fuerza y potencia desarrolladas durante el ejercicio.

Por tanto, también se obtienen algunos de los ofrecidos por las máquinas isocinéticas, pero sin sus inconvenientes, y adaptándose mucho mejor a las características de los movimientos reales de entrenamiento.

El instrumento "Isocontrol" realiza una medición directa del espacio (desplazamiento vertical, generalmente) recorrido por la resistencia en función del tiempo. La resolución de la medición del espacio es de 0.2 mm. El tiempo se mide con una precisión de reloj de 0.2 ms, con una frecuencia de 1000 Hz, por tanto se obtiene un dato cada milisegundo.

La máxima potencia en relación con el ejercicio realizado

En casi toda la bibliografía ha reportado que la potencia máxima se alcanza con el 30% de la fuerza máxima, sin especificar cuál es esa fuerza máxima. En el mejor de los casos –y de manera más correcta y cierta– se dice que es el 30% de la fuerza isométrica máxima (FIM). Pero para González-Badillo y Gorostiaga (1997), esto no es suficiente y, además, puede llevar a claros errores. Ya que después de medir la potencia en distintos grupos de deportistas en algunos de los ejercicios de uso más habitual y que constituyen la base de la mayoría de los entrenamientos de fuerza, se ha encontrado que la máxima potencia se produce con porcentajes muy distintos de 1RM (González-Badillo, 2000).

Métodos basados en el Salto Vertical

Estos están basados en varios tipos de saltos entre ellos están el salto sin contramovimiento (SJ), salto con contramovimiento (CMJ), salto en profundidad (DJ). Cada uno de ellos tiene distintas aplicaciones según Bosco (1992).

Uno de los instrumentos más estables para medir la capacidad de salto es la plataforma de contacto. Aunque la realización incorrecta del test puede generar errores importantes. Con ella se puede medir el tiempo de vuelo en el salto, que es transformado en una estimación de la altura de manera inmediata a través de un microprocesador. También se puede medir el tiempo de contacto cuando se hacen varios saltos seguidos o un salto en profundidad.

Evaluación de la acción motriz (carrera)

Para determinar los efectos globales del entrenamiento de fuerza en los desplazamientos se requiere determinar el tiempo en cubrir una distancia determinada. Para medir el tiempo de un desplazamiento de carrera, lo más habitual es utilizar una serie de barreras de células fotoeléctricas que registran los tiempos parciales y/o acumulados. Estas mediciones pueden complementarse con la grabación en video de los ensayos para el posterior análisis de la técnica. Cada barrera de células fotoeléctricas se compone de un emisor y receptor láser conectados por telemetría a un receptor que transmite la información al software.

Los tests realizados para medir el tiempo en recorrer una determinada distancia dependen de las características de las distintas modalidades deportivas, siendo los más habituales, especialmente en los deportes de equipo, el test de 30 m en línea recta y la carrera en zigzag de 20 m.

En el test de 30 m en línea recta, se establecen como indicadores distintos de la capacidad de aceleración al tiempo transcurrido en recorrer los primeros 10 m y los últimos 20 m. Como se representa en la figura 3, la distancia es medida a partir de la longitudinal de cada barrera de células fotoeléctricas. Al objeto de no activar la primera barrera de células, la línea de salida se retrasa ligeramente. No hay consenso en la literatura sobre la distancia entre la línea de salida y la longitudinal de la primera barrera de células, 5 cm (Jason Vescovi, comunicación personal en: Legaz-Arrese, 2012), 0.5 m (Gorostiaga et al., 2006; Padullés, 2004). Las células fotoeléctricas deben colocarse sobre un trípode a una altura que varía en función de los estudios, 0.4 m ~1 m (Vescovi & McGuigan 2008). Se recomienda seleccionar el mejor tiempo de 2 ejecuciones. Si la diferencia de tiempo en recorrer 30 m es superior a 0.1 seg, se recomienda ejecutar un tercer intento, seleccionando el mejor de los 2 tiempos más próximos (Vescovi & McGuigan, 2008). El tiempo de descanso entre intentos debe situarse entre 90 seg (Gorostiaga et al., 2006) y 2 min (Little & Williams, 2005). Para la ejecución de un test de sprint se requiere de un calentamiento previo incluyendo carrera continua, aceleraciones, y estiramientos (Gorostiaga et al., 2006).

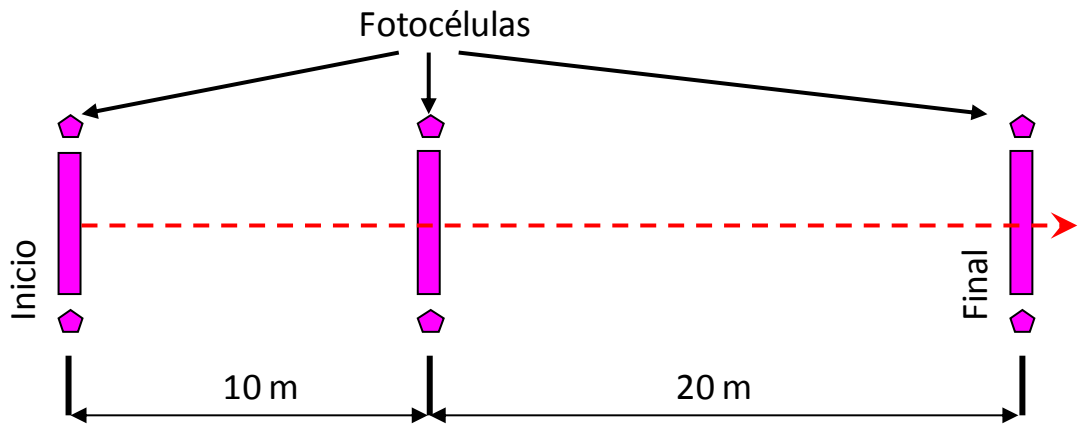


Figura 3. Adaptado de Mirkov D, et al. J Strength Cond Res 2008;22:1046-50, en Legaz- Arrese (2012).

El test de 20 m en zigzag, consiste en recorrer a la máxima velocidad 4 secciones de 5 m delimitadas por conos que están dispuestos en un ángulo de 100º. La selección de este test está basada sobre la rápida aceleración, desaceleración, y control de equilibrio requerido para una carrera corta con cambios de dirección. En algunos deportes como fútbol se ejecuta también este test con balón, pudiendo establecer el índice técnico relacionando el tiempo del test con y sin balón (Mirkov et al., 2008).

La velocidad de desplazamiento de carrera también puede medirse utilizándose un medidor de distancia láser. Esta tecnología por ejemplo fue aplicada en el mencionado estudio de Schade et al. (2005), para determinar en distintos intervalos de distancia la velocidad de aproximación en el salto con pértiga. Mediante esta tecnología se puede disponer de un registro continuo de la velocidad de desplazamiento.

Para desplazamientos en carrera de mayor duración, únicamente se requiere desplazar la barrera de células fotoeléctricas hasta la distancia de medición deseada y/o incluir tantas barreras como tiempos parciales se deseen obtener. En competiciones oficiales de carreras se utiliza el sistema videofinish o fotofinish, que consiste en una imagen continua sincronizada con una escala de tiempo captada mediante una cámara fotográfica o una cámara de video que enfoca la línea de llegada. Actualmente, tiene una precisión de hasta una diezmilésima de segundo. Este sistema, es el utilizado en la mayoría de las competiciones oficiales de las modalidades deportivas de desplazamiento (Legaz-Arrese, 2012).

Investigacion realizada para analizar la influencia de 1rm sobre la velocidad en 30 mts en jugadores de fútbol

Durante un partido de fútbol los jugadores de nivel elite recorren una distancia de 8-12 km, la diferencia en la distancia recorrida es dependiente del sistema de juego empleado (Bangsbo, Nørregaard & Thorsø, 1991; Reilly, 1996; Reilly & Thomas, 1976), al respecto recientemente ha sido demostrado que una mejora en la capacidad aeróbica en jugadores de fútbol juveniles de nivel elite incrementa la distancia recorrida, la intensidad de juego, el número de sprints realizados y el manejo del balón durante el partido (Helgerud, Engen, Wisløff & Hoff, 2001), sin embargo no podemos dejar de lado la importancia de la fuerza ya que durante la competición el jugador profesional de fútbol realiza numerosos

cambios de dirección ejecutando continuamente intensas contracciones musculares para mantener el equilibrio y control del balón contra la presión del contrario (Withers, 1982), por consiguiente la fuerza y la potencia tienen tanta importancia como la resistencia en jugadores de fútbol de máximo nivel (Wisløff, Castagna, Helgerud, Jones & Hoff, 2004). La potencia es el producto de la fuerza y velocidad (Stølen, Chamari, Castagna & Wisløff, 2005), por lo que un incremento de ésta incide en la mejora de la ejecución de acciones de máxima intensidad que son decisivas durante un partido (p.e. ganar un balón por aire al saltar, en un golpeo, cambios de dirección y realizar sprint a máxima velocidad en un duelo contra un oponente), es por esto que la fuerza/potencia toma un especial interés en el fútbol. Es conocido que la potencia es principalmente dependiente de la fuerza máxima (Bührle & Schmidtbleicher, 1977), una de las formas de determinarla es mediante 1RM, a su vez 1RM ha sido relacionado con el test de 30 m sprint, en atletas de lanzamientos y/o saltos (Schmidtbleicher, 1992), así como en futbolistas profesionales de nivel elite ($r=0.71$ $p<0.01$) (Wisløff et al., 2004), sin embargo, al menos en nuestro conocimiento se desconoce si esta relación también se da en jóvenes jugadores profesionales de fútbol. De existir esta relación también en jugadores jóvenes profesionales se puede especular al menos teóricamente que incrementando la fuerza máxima se pudiera incidir en la mejora de la aceleración y la velocidad de las habilidades críticas del juego, así como dar las pautas para la detección de talentos y el brindar datos concretos que ayuden a reorientar el entrenamiento. El objetivo del presente trabajo es determinar si un test de 1RM en miembros inferiores está asociado con el test de 30 m sprint en jugadores jóvenes profesionales de fútbol. Con la hipótesis de que los jugadores jóvenes profesionales de fútbol que mayor fuerza manifiestan en 1RM son los que menor tiempo realizan en el test de 30 m sprint.

La metodología de este estudio fue de tipo transversal y de correlación entre las variables, los participantes de este estudio fueron invitados mediante una carta oficial a la directiva del club.

Participaron un total de 18 varones jugadores juveniles profesionales de fútbol (tercera división, México) inicialmente formaron parte de la muestra del estudio, sin embargo durante el transcurso de las pruebas 5 jugadores no pudieron terminar las valoraciones, ya que 3 sufrieron una lesión durante la competición, uno se reportó enfermo y otro más fue llamado a entrenar con una categoría filial superior, por lo que nuestra muestra final consistió en 13 jugadores, edad 15.7 (0.48) años (media (DS)); altura 176 (6.3) cm; peso 64.1 (7.4) kg; IMC 20.84 (2.0) kg/m^2, frecuencia de entrenamiento 6 (0.0) días/semana, duración de las sesiones 2.5 (0.0) horas. Los jugadores fueron divididos de forma aleatoria en 2 grupos (A y B), el protocolo del estudio se efectuó en dos diferentes días, separados por 1 semana, en el primer día grupo A realizó test de 1RM y grupo B test de 30 m sprint, en el segundo día se intercambiaron las valoraciones (grupo A realizó test de 30 m sprint, grupo B test 1RM), esto con el objeto de evitar la influencia del entrenamiento, los dos días seleccionados para los test fueron después de 36 horas posteriores a una competición. Todos los jugadores dieron su consentimiento firmado así como sus padres para participar en el estudio.

Test de 1RM

La determinación de utilizar un test directo de 1RM conlleva un riesgo innecesario para los huesos y ligamentos de sufrir una lesión (Braith, Graves, Leggett, & Pollock, 1993), y

además probablemente, un margen de error superior a la determinación indirecta debido a deficiencias en la ejecución técnica (Legaz-Arrese, Vélez- Blasco & Carranza-García (2012)). Por lo tanto, siguiendo las recomendaciones de Legaz-Arrese et al. (2012) para la estimación del 1RM de forma indirecta el calentamiento general consistió en realizar carrera continua por 5 min, movilidad articular enfocado en miembros inferiores. Como calentamiento específico los jugadores realizaron 3 series progresivas que oscilaron entre el 30% y 70% de 1RM y entre 10 y 6 repeticiones de sentadilla paralela al suelo (< a 90° el ángulo de flexión de rodilla) realizada con una barra y pesos estándar para competiciones olímpicas (T-100G; Eleiko, Halmstad, Suecia), descansando 2 -3 min entre series, posteriormente se realizaron ~3 intentos de 3-5 repeticiones hasta el fallo muscular (Figura 4), para posteriormente aplicar la fórmula de Brzycki (1993) para determinar 1RM (1RM = (peso levantado/(1.0278 - [0.0278 x rep.])). Los jugadores fueron familiarizados con la ejecución de las sentadillas paralelas al suelo como parte de su entrenamiento normal de fuerza con 1 frecuencia por semana, durante las 2 últimas semanas previas a este estudio.

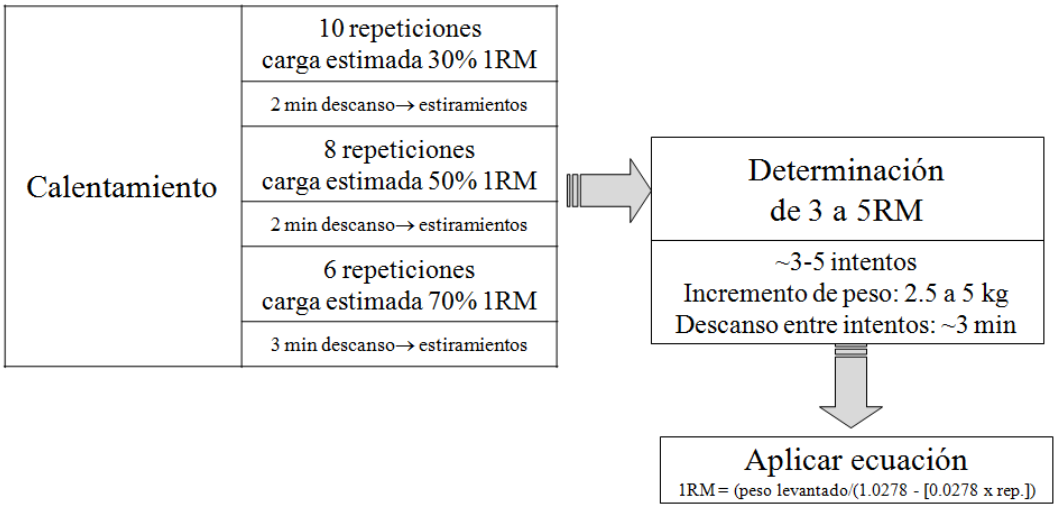


Figura 4. Protocolo para determinar 1RM de forma indirecta, adaptado a partir de Legaz et al. (2012).

Test de 30 m sprint

Una vez realizado un calentamiento específico para competición que consistió en: a) trote ligero, b) movilidad articular, b) ejercicios básicos de pase y conducción, c) ejercicio de espacio reducido de posesión de balón 3 vs 3 (este calentamiento les tomo ~30 min), los jugadores tuvieron una recuperación de 7 min antes de realizar el test de 30 m sprint en línea recta. El test fue realizado en la cancha de juego sobre una superficie de pasto natural, para las 2 sesiones que tomo este estudio 2 horas antes a la medición fue podado el césped a la misma altura, los jugadores utilizaron el calzado normal para un partido oficial, el tiempo fue obtenido por un sistema telemétrico de fotocélulas (Byomedic, System, Barcelona, España), cada sujeto realizó al menos 2 repeticiones separadas por 5 min de recuperación. El sujeto decidió por sí mismo la salida. Con el objeto de no activar la primera barrera fotoeléctrica, la línea de salida se retrasó 50 cm detrás de la primera fotocélula atendiendo las recomendaciones de Gorostiaga et al. (2006). La posición de salida fue

desde parado. Las células fotoeléctricas se colocaron sobre un trípode a una altura de 40 cm (Padullés, 2004), el tiempo del sprint empezaba registrarse cuando el jugador cruzaba la primera fotocélula colocada en la salida, y paraba cuando se cruzaba el láser de la fotocélula de llegada. Si la diferencia de tiempo en recorrer la distancia de los 30 m fue superior a 0.1 seg, se ejecutó un tercer intento, utilizando en el análisis el mejor de los 2 tiempos más próximos (Vescovi & McGuigan, 2008).

Los resultados (expresados como media y desviación estándar (DS) fueron:

1RM 77.00 (10.2) kg, test de 30 m 4.35 (0.18) seg, índice de 1RM/PC 1.21 (0.18). No se encontró una correlación significativa entre 1RM y test de 30 m (r=-0.258, p=0.395) (ver gráfico 1), ni con el índice de 1RM/PC ni test de 30 m sprint (r=-0.253, p=0.404) (ver gráfico 2). El peso presentó una correlación significativa con el índice de 1RM/PC r=-0.587, p=0.035), así como 1RM correlacionó significativamente con el índice 1RM/PC (r=0.629, p=0.021). Con el fin de analizar la influencia de haber trabajado anteriormente con sobrecargas sobre 1RM, el índice 1RM/PC y el test de 30 m sprint, se subdividió la muestra en dos grupos: a) jugadores que habían trabajado previamente con sobrecargas y, b) jugadores que no habían trabajado nunca con sobrecargas, para este análisis se aplicó un test de T de student para muestras independientes, no se encontraron diferencias significativas en 1RM, test 30m sprint, ni en el índice de 1RM/PC con relación a haber trabajado previamente con sobrecargas de forma programada (p>0.05) (ver tabla 1).

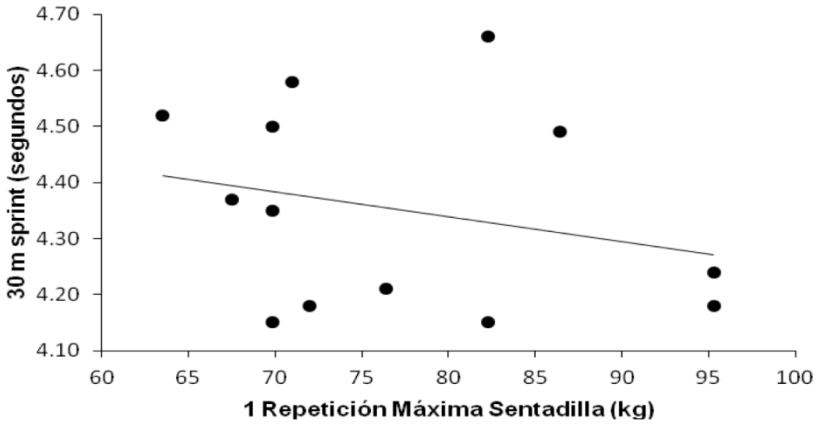


Gráfico 1. Correlación de 30 m sprint y 1RM en sentadilla paralela al suelo

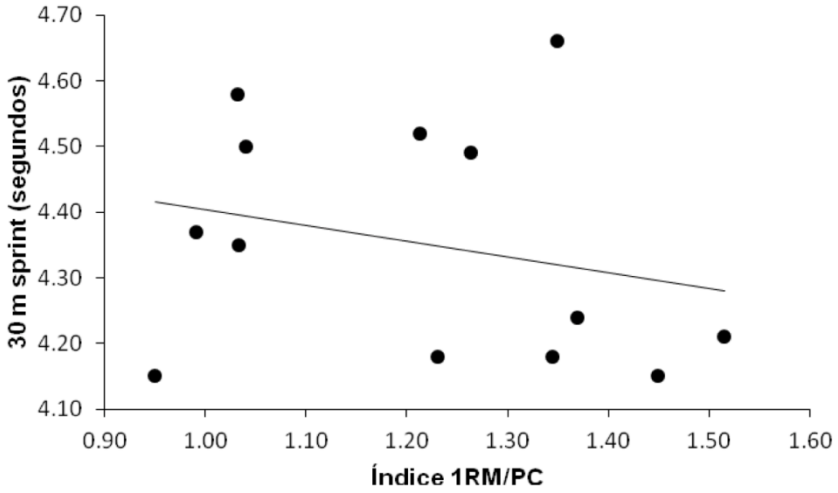


Gráfico 2. Correlación de 30 m sprint y índice 1RM/PC.

Tabla 1. Análisis en función de si habían trabajado o no con sobrecargas durante su vida deportiva anterior a este estudio

	Entra. previo*	N	Media	DS	P-Valor
Test 30m	Si	7	4.30 (seg)	0.16	0.448
	No	6	4.41 (seg)	0.20	
1RM	Si	7	76.71 (kg)	11.21	0.508
	No	6	77.33 (kg)	9.83	
Índice RM/PC	Si	7	1.21	0.18	0.361
	No	6	1.22	0.21	
IMC	Si	7	21.24 (kg/m^2)	2.16	0.599
	No	6	20.38 (kg/m^2)	1.86	
Peso corporal	Si	7	63.90 (kg)	7.90	0.575
	No	6	64.30 (kg)	7.57	

Entra. previo*= Entrenamiento previo con sobrecargas. Para efecto de este análisis se consideró entrenamiento con sobrecargas previo como aquellas sesiones programadas sistemáticamente en la sala de musculación durante la anterior temporada.

Así mismo con el objeto de comparar a los jugadores por su nivel de 1RM/PC (fuerza relativa) la muestra fue subdividida en dos grupos a) jugadores con el índice de 1RM/PC mayor a 1.21 y b) jugadores con el índice de 1RM/PC menor a 1.20. Solamente pudimos observar diferencias significativas con un mayor 1RM en los jugadores del grupo a, en com-

paración con el grupo b (p=0.027), pero no con el test de 30 m sprint (p=0.295) (ver tabla 2). Tampoco correlacionaron significativamente los jugadores con un índice 1RM/PC superior a 1.21 entre el test de 30 m sprint, 1RM, ni con 1RM/PC (p>0.05).

Tabla 2. Comparativa entre jugadores por debajo y por arriba de la media del Índice de 1RM/PC

	Índice 1RM/PC	N	Media	DS	P-Valor
Test30m	<1.20	5	4.39 (seg)	0.16	0.295
	>1.21	8	4.33 (seg)	0.20	
1RM	<1.20	5	69.80 (kg)	1.10	0.027
	>1.21	8	81.50 (kg)	10.77	
Índice 1RM/PC	<1.20	5	1.01	0.04	0.111
	>1.21	8	1.34	0.11	
IMC	<1.20	5	21.34 kg/m^2	1.69	0.069
	>1.21	8	20.54 kg/m^2	2.21	

El principal resultado encontrado fue que no hubo relación entre 1RM y el test de 30 m (r=-0.258, p=0.395). Este resultado contradice lo encontrado por otros autores (Requena et al., 2009; Wisløff et al., 2004). Wisløff et al. (2004) encontraron una correlación significativa entre a mayor 1RM, menor tiempo realizado en 30 m sprint. Los valores absolutos de 1RM y 30 m sprint reportados por Wisløff et al. (2004) son muy superiores a los nuestros, sin embargo cabe mencionar que los sujetos participantes en ese estudio fueron futbolistas profesionales dedicados de tiempo completo al fútbol con una media de edad de 25.8 años, por su parte Requena et al. (2009) también encontraron correlación significativa entre estas dos variables (1RM y test de sprint r=-0.47 p<0.05), en este estudio los jugadores eran semiprofesionales que entrenaban al menos 6 días a la semana con una media de edad de 20 años. En un reciente estudio (Wong & Wong, 2009) con jugadores de similar edad y peso a nuestra muestra encontró valores medios de 1RM de 116.3 kg (muy superior a nuestra datos 77.00 kg), y tiempo en 30 m sprint de 4.32 seg (versus 4.35 seg de nuestra muestra). Al respecto los valores de 1RM de ese estudio son muy superiores a los nuestros, no obstante esta diferencia no es tan marcada en el tiempo realizado en el test de 30 m sprint, resaltar que los jugadores del estudio de Wong y Wong (2009) fueron seleccionados nacionales de China. Así mismo en jugadores de nivel elite se han reportado tiempos de 4.0 seg en 30 m sprint (Wisløff et al., 2004). Con estos datos y a falta de otros estudios similares al nuestro parecen sugerir que el no haber encontrado una relación entre 1RM y test de 30 m pudieran deberse a los valores tan bajos de 1RM de nuestra muestra con relación a los datos reportados por Wong y Wong (2009), más, que al tiempo realizado en los 30 m sprint. Esta reflexión induce a especular en base a nuestra experiencia práctica, que los bajos valores de 1RM de nuestro estudio correspondan a la falta de adap-

tación al trabajo con sobrecargas máximas-submáximas y/o a que no manifestaron su máximo esfuerzo, probablemente a las molestias que conlleva el sostener una barra con cargas altas sobre los deltoides cuando no se está habituado a ello. Recordemos que nuestros jugadores solamente tuvieron 2 sesiones de trabajo con sobrecargas previas a la valoración de 1RM. Un reciente estudio encontró una alta correlación en un test y retest de 1RM en sujetos no entrenados con 6 sesiones de adaptación previo a la primera valoración (Levinger et al., 2009). Destacar que aunque no fue objeto de este estudio, días posteriores al test de 1RM a nuestros jugadores se les realizó un test de máxima potencia utilizando un sistema isocontrol, la cual algunos la alcanzaron con el 90% de su 1RM, sin embargo algunos autores soportan que la máxima potencia en sentadilla se obtiene entre un 45% y un 60% de 1RM (Izquierdo, Häkkinen, Gonzalez-Badillo, Ibáñez & Gorostiaga, 2002; Siegel, Gilders, Staron & Hagerman, 2002), en nuestra experiencia en sujetos entrenados con sobrecargas la máxima potencia se alcanza con cargas entre el 60-70% de 1RM (datos no publicados), por lo que prácticamente es casi imposible que nuestros jugadores hayan manifestado su máxima fuerza en el test de 1RM, soportando la teoría de González-Badillo y Gorostiaga (1997) de que el test de 1RM no debe medirse en sujetos jovenes o con poca experiencia en el entrenameinto de fuerza ya que los datos no serían fiables debido a que no manifiestan su máximo esfuerzo este tipo de sujetos por miedo, inseguridad y falta de técnica. Todos estos argumentos parecen afirmar que nuestros resultados se debieron muy probablemente a una falta de adaptación a las sentadillas con carga, evidenciando que los jugadores objeto de nuestro estudio requieren de un trabajo orientado a mejorar la adaptación, así como también al desarrollo de la fuerza máxima, que pueda repercutir positivamente en la mejora del rendimiento de los gestos específicos del fútbol. La teoría de que nuestros jugadores no manifestaron su máxima fuerza en el test de 1RM debido a una falta de adaptación al trabajo con sobrecargas parece soportarse aún más ya que no se encontraron diferencias significativas entre los jugadores que la temporada anterior habían trabajado con sobrecargas y los que nunca habían trabajado con sobrecargas. Esta reflexión parece sugerir que los jugadores de nuestra muestra acusan también una falta de trabajo de fuerza máxima.

Sin embargo, estas comparaciones deben tomarse con reservas debido a que en el fútbol no existen protocolos estandarizados para determinar los diferentes niveles de fuerza por lo que se dificulta la comparación entre los resultados de los diferentes autores (Wisløff et al., 2004). Por ejemplo nosotros realizamos la sentadilla paralela al suelo, mientras otros autores solo la realizan hasta un ángulo de 90°, el problema de esta metodología es que se requiere de un goniómetro para medir el ángulo de flexión de la rodilla, además pocos estudios hacen referencia entre el tiempo de recuperación entre series, así como el número de series realizadas hasta encontrar 1RM o si lo hacen de forma directa o indirecta.

Por otra parte los valores de 30 m sprint reportados por los diferentes autores también pueden estar sujetos en gran medida a la superficie en donde se realizan los test, ya que hay estudios como Wong y Wong (2009) que realizaron el test de 30 m en una pista de atletismo, para evitar la resistencia que supone el correr sobre pasto de una cancha de fútbol oficial, así como las diferencias que supone el tiempo empleado para el calentamiento que va de los 10 hasta 30 min, los ejercicios realizados, el tiempo de recuperación entre series, la distancia entre la salida y la primera fotocélula, influencia del aire, todos estos factores pueden incrementar la diferencias encontradas con nuestros resultados y lo reportado en la literatura.

La falta de herramientas tecnológicas para controlar el ángulo de flexión y la distancia del recorrido de la carga en 1RM limitan nuestros resultados, futuros trabajos deberán emplear herramientas para dilucidar nuestros resultados.

Tanto la fuerza máxima como la fuerza explosiva son importantes factores para el éxito del fútbol debido a que son factores de rendimiento importantes de juego (Reilly & Thomas, 1976; Wisløff et al., 2004). Algunos autores (Almåsbakk & Hoff 1996; Sale, 1992; Schmidtbleicher, 1992) recomiendan trabajar tanto la fuerza máxima como la fuerza explosiva de manera sistemática dentro del plan semanal de entrenamiento utilizando pesos libres en lugar de máquinas isométricas o isocinéticas, ya que estas últimas no reflejan el movimiento de los miembros inferiores involucrados en la competición (Requena et al., 2009; Wisløff et al., 2004), realizando pocas repeticiones con cargas altas y altas velocidades de contracción muscular. Además el trabajo de la fuerza en todas sus manifestaciones debe de estar centrado en la transferencia de la fuerza máxima al gesto específico de competición como correr a máxima velocidad, ya que es aquí, donde se dan las acciones críticas del partido incidiendo en el resultado de la competición.

Sin embargo, la falta de herramientas tecnológicas como encoder lineal, goniómetros electrónicos y un metrónomo para controlar el ángulo de flexión y la distancia del recorrido de la carga en 1RM limitan nuestros resultados, futuros trabajos deberán emplear estas herramientas tecnológicas para dilucidar nuestros resultados.

Además nuestra muestra estuvo conformada por jugadores de un mismo equipo de fútbol, probablemente podamos encontrar diferentes resultados al utilizar una mayor muestra donde se incluyan a jugadores de otros equipos que compiten en la misma liga, debido al tipo de entrenamiento que cada jugador realice en sus respectivos equipos.

Futuros estudios deberán realizarse cubriendo las limitaciones de este estudio, agregando al protocolo utilizado en este trabajo una tercera valoración donde se incluya un test de 1RM empleando tecnología como un sistema isocontrol y/o un goniómetro electrónico para controlar las variables de la distancia, el tiempo, la masa y el ángulo de flexión al realizar 1RM y en una muestra donde incluya a más jugadores de otros equipos que compiten en la misma liga, así como también otro protocolo deberá ser diseñado para establecer la influencia de incluir un programa de adaptación de 6-8 sesiones previas a la valoración de un test de 1RM en jugadores jóvenes profesionales de fútbol.

Los resultados encontrados en este estudio nos obligan a rechazar nuestra hipótesis previamente planteada, ya que al contrario con lo que ocurre con jugadores élite profesionales, en jugadores jóvenes profesionales no hay un correlación significativa entre 1RM de miembros inferiores y un test de 30 m sprint, evidenciando que futuros estudios deben centrarse en dilucidar estas discrepancias.

Del presente estudio podemos concluir: a) en jugadores jóvenes profesionales de fútbol no existe una relación entre la fuerza máxima en 1RM con el test de 30 m sprint, b) estos resultados probablemente sean debidos a que un test de 1RM requiera de un elevado nivel de adaptación al ejercicio empleado para su valoración, c) futuros estudios deberán ser realizados para comparar la correlación entre utilizar y no utilizar herramientas tecnológicas al hacer 1RM y comprobar su relación con el test de 30 m sprint.

Referencias

1. Almåsbakk, B., & Hoff, J. (1996). Coordination, the determinant of velocity specificity? Journal of Applied Physiology, 81(5), 2046-2052.
2. Arnason, A., Sigurdsson, S.B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(2), 278-285.
3. Bangsbo, J., Nørregaard, L., & Thorsø F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sport Sciences, 16*, 110-116.
4. Bosco. C. (1992). La valutazione della forza con il test di Bosco. Roma: Società Stampa Sportiva.
5. Braith, R.W., Graves, J.E., Leggett, S., & Pollock, M.L. (1993). Effect of training on the relationship between maximal and submaximal strength. *Medicine and Science in Sports and Exercise 25*, 132-138.
6. Brzycki, M. (1993). Strength testing: Predicting a one-rep max from reps to fatigue. *Journal of Physical Education Recreation and Dance, 64*, 88-90.
7. Bührle, M., & Schmidtbleicher, D. (1977). Der einfluss von maximalkrafttraining auf die bewegungsschnelligkeit (The influence of maximum strength training on movement velocity). *Leistungssport, 7*, 3-10.
8. Casajús, J. A. (2001). Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(4), 463-469.
9. Cronin, J. B., & Hansen, K. T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 349-357.
10. González-Badillo, J. J. & Gorostiaga, E. (1997). Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo. Barcelona: Inde. Segunda Ed.
11. González-Badillo, J. J. & Gorostiaga, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: aplicación al alto rendimiento deportivo*. Barcelona: Inde. Tercera ed. Ed.
12. González-Badillo, J. J. (1991). *Halterofilia*. Madrid: Comité Olímpico Español.
13. González-Badillo, J. J. (2000). Concepto y medida de la fuerza explosiva en el deporte. Posibles aplicaciones al entrenamiento. *Revista de Entrenamiento Deportivo (RED)*, XIV(1), 5-16.
14. Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibañez, J., González-Badillo, J. J., & Izquierdo, M. (2006). Effects of an entire season on physical fitness changes in elite male handball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *38*, 357-366.
15. Helgerud, J., Engen, L.C., Wisløff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 33*, 1925-1931.
16. Izquierdo, M., Häkkinen, K., Gonzalez-Badillo, J.J., Ibáñez, J., & Gorostiaga, E.M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *European Journal of Applied Physiology, 87*, 264-271.
17. Kannus, P. (1994). Isokinetic evaluation of muscular performance: Implications for muscle testing and rehabilitation. *International Journal of Sports Medicine*, Suppl1, S11-S18.
18. Komi, P. V. (1986). Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors. *International Journal Sports of Medicine*, 7(Suppl 1), 10-15.
19. Legaz-Arrese A. (2012). *Manual de entrenamiento deportivo*. Badalona, España: Paidotribo.
20. Legaz-Arrese, A., Vélez-Blasco, M., & Carranza-García, L.E. (2012). Evaluación y control de fuerza explosiva. Capítulo III. Optimización de la Fuerza, en: Legaz-Arrese A. (Ed.), *Manual de entrenamiento deportivo*. Badalona, España: Paidotribo, S.L.
21. Levinger, I., Goodman, C., Hare, D.L., Jerums, G., Toia, D., & Selig, S. (2009). The reliability of the 1RM strength test for untrained middle-aged individuals. *Journal of Science and Medicine in Sport, 12*, 310-316.
22. Little, T., & Williams, A. G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 76-78.
23. Marques, M. C., van den Tillaar, R., Vescovi, J. D., & González-Badillo, J. J. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2(4), 414-422.
24. Mirkov, D. M., Nedeljkovic, A., Kukolj, M., Ugarkovic, D., & Jaric, S. (2008). Evaluation of reliability of soccer-specific field tests. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 22, 1046-1050.
25. Padullés, J. M. (2004). *Evaluación en los deportes colectivos*. Barcelona: Fundación FC Barcelona.
26. Reilly, T. (1996). Motion analysis and physiological demands. In: *Science and soccer*. London: RTE & FN Spon.
27. Reilly, T., & Thomas, V. (1976). A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies, 2*, 87–97.
28. Requena, B., González-Badillo, J., de Villareal, E., Ereline, J., García, I., Gapeyeva, H., & Pääsuke, M. (2009). Functional performance, maximal strength, and power characteristics in isometric and dynamic actions of lower extremities in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1391-1401.
29. Sale, D. G. (1992). Neural adaptation to strength training. En: Komi, P. V. (Ed.), *Strength and power in sport*, (pp. 249-266). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
30. Schade F, Brüggemann GP, Isolehto J, et al. (2005). Pole vault at the World Championships in athletics Helsinki. *IAAF*: www.iaafacademy.com.
31. Schmidtbleicher, D. (1992). Training for power events. En: Komi, P. V. (Ed.), *Strength and power in sport, (*pp. 381-395). Oxford: Blackwell Scientific Publications.

32. Siegel, J.A., Gilders, R.M., Staron, R.S., & Hagerman, F.C. (2002). Human muscle power output during upper- and lower-body exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research, 16*, 173-178.
33. Siff, M. C. (1993), Understanding the mechanics of muscle contraction. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 15(5), 30-33.
34. Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536.
35. Valquer, W., Barros, T.L. & Sant'Anna, M. (1998). High intensity motion pattern analyses of Brazilian elite soccer players. In: *IV World Congress of Notational Analysis of Sport*, (p. 80). Porto: HM Tavares Fernanado.
36. Vescovi, J. D., & McGuigan, M. R. (2008). Relationships between sprinting, agility, and jump ability in female athletes. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 97-107.
37. Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 285-288.
38. Wisløff, U., Helgerud, J., & Hoff, J. (1998). Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(3), 462-467.
39. Withers, R.T. (1982). Match analyses of Australian professional soccer players. *Journal of Human Movement Studies, 8*, 159-176.
40. Wong, D. P. & Wong, S. H. (2009). Physiological profile of Asian elite youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1383-1390.

Entrenamiento con sobre carga en el desarrollo de potencia y velocidad en básquetbol

Edgar Eduardo González García, Germán Hernández Cruz
Fernando Alberto Ochoa Ahmed y Roberto Mercado Hernández

Introducción

En el básquetbol, el entrenamiento con pesas y pliométrico, son ampliamente referidos como los más efectivos para la mejora de la potencia muscular, así como la combinación de ambos. Para llegar al logro de estas cualidades, se debe conocer cuál sería la carga óptima para mejorar la potencia muscular.

No cabe duda que en el básquetbol, como en cualquier deporte, son numerosos los factores para alcanzar el rendimiento óptimo, siendo la preparación física uno de los elemento más dentro de un complejo entramado. Hasta la fecha se han hecho estudios que describen las cualidades físicas, fisiológicas y funcionales de los jugadores de basquetbol. Pero son menos los estudios que muestran la forma de realizar el trabajo para el desarrollo de la fuerza explosiva en jugadores preparatoria y universidad en México.

El trabajo de fuerza en básquetbol supone un factor muy importante, ya que de él depende nuestro rendimiento a lo largo de toda la temporada. Por eso, el trabajo de fuerza se debe realizar en la pretemporada, en la competición y durante el momento de transición. Lo que se pretende conseguir mediante un buen programa de trabajo muscular es una mejora en el sistema neuromuscular, ganar fuerza explosiva.

Para la mayoría de los entrenadores, preparadores físicos el desarrollo de las capacidades físicas condicionales como las motrices constituyen una de sus principales actividades y preocupaciones en sus atletas. Asimismo, el entrenamiento es el medio para el desarrollo de las capacidades mencionadas y el camino para la mejora constante del atleta. En el caso del basquetbol en México en el nivel de preparatoria y universidad el promedio de entrenamiento es de 2 a 3 horas al día, en experiencia propia podría decir que este tiempo se desglosa de la siguiente manera: en el caso de tres horas de entrenamiento una hora se destina para la preparación física y las otras dos para el trabajo de conjunto, ya sea para el desarrollo técnico o táctico. Si tomamos en cuenta que el básquetbol es un deporte de características fisiológicas orientadas hacia la potencia, el entrenamiento de este tipo de fuerza, nos lleva hacia el cuestionamiento de entrenadores, preparadores físicos y atletas, hacia el desarrollo óptimo de una preparación física orientado hacia la potencia en el basquetbol. Así se ha considerado trascendente estudiar dicha relación con el propósito de contrastar las distintas formas para el desarrollo y optimización del entrenamiento. El estudio planteado ayudará, entre otros aspectos, a conocer diferentes formas de trabajo, sus implicaciones para el desarrollo del atleta y proporcionara información que será útil para entrenadores y preparadores físicos sobre nuevas formas de trabajo de la potencia, y sobre todo como manejar de modo más provechoso el trabajo orientado hacia el desarrollo de la potencia en el básquetbol y deportes en general.

Por otra parte, la investigación contribuirá a contrastar datos obtenidos en el trabajo de desarrollo de potencia en atletas basquetbolistas juveniles a través de un método cono-

cido como sobrecarga (Anselmi, 2009) y su eficiencia en comparación con métodos tradicionales ya conocidos para el desarrollo de la misma.

La preparación física en las etapas de formación.

La preparación física es considerada en la actualidad como uno de los factores más determinantes del entrenamiento en las etapas de formación del deportista. Existen dos razones básicas que justifican esta afirmación(Calleja y Cols., 2002):

- El desarrollo corporal armónico y óptimo constituye uno de los **objetivos prioritarios** en la formación del deportista desde las etapas de iniciación hasta la consecución del alto rendimiento.
- En el básquetbol de alto nivel, las capacidades condicionales son cada vez más determinantes para el rendimiento hasta el punto de que algunos autores afirman que el éxito depende en gran medida de ellas. En consecuencia, si pretendemos que el deportista en formación alcance su máximo potencial físico en el futuro, será totalmente necesario entrenar adecuadamente en el plano condicional. De hecho existen capacidades físicas que, de no ser entrenadas en el momento adecuado y de la forma correcta, serán difícilmente recuperables en el futuro.

Además se debe tener en cuenta las características del básquetbol el cual es considerado como un deporte de carácter mixto, es decir, en donde se alternan las tres vías de producción energética: aeróbica, anaeróbica aláctica y anaeróbica láctica. Esto lo podemos corroborar en estudios en donde se compara las zonas de trabajo en relación al juego, encontrando que tanto la capacidad anaeróbica y aeróbica son fundamentas y requeridas en situaciones de competencia (Blanco y De Brito, 2003).

Enfoque de la preparación física en la formación de deportistas.

El enfoque en las etapas de formación deportiva deberá ser siempre educativo al margen del ámbito en que nos encontremos (equipos federados, recreación, clases de educación física). El hecho de dedicar más o menos tiempo al entrenamiento en el proceso de formación no significa de ninguna manera abandonar el camino educativo (desarrollo integral y equilibrado, diversión, aprendizaje permanente) sino todo lo contrario: si dedicamos más horas y esfuerzo al proceso de formación (p. ej. en un equipo federado), estaremos atendiendo todas las necesidades importantes del mismo y, además, fomentaremos un aprendizaje en condiciones óptimas de motivación, ritmo y cooperación entre alumnos de cara al logro de objetivos.

El entrenamiento condicional será completamente diferente en función de características como edad biológica, desarrollo motor, practica anterior. El entrenamiento no puede mantenerse al margen de los cambios corporales y psíquicos que sufren los deportistas, es más, debe ceñirse a las características de la fase de desarrollo en la cual están ubicados.

Sin embargo es frecuente encontrar referencias que desataquen la importancia del metabolismo aeróbico en los deportes colectivos en general, y en basquetbol en particular, lo

que tiene su fundamento en la competición dura alrededor de 40 minutos, y además en ella se combinan las acciones físicas del metabolismo aeróbico y anaeróbico (Vaquera, Rodríguez, Villa, García & Ávila, 2010).

La necesidad de planificar la preparación física en la formación.

Los entrenadores y preparadores físicos disponemos en la actualidad de gran información referente a la planificación deportiva en deportes de equipo y, más concretamente, de la planificación de la preparación física en deportes de equipo. Igualmente, diferentes autores de prestigio han desarrollado programas de entrenamiento a largo plazo para la formación de deportistas. Sin embargo, esta proliferación a nivel teórico no se manifiesta en la práctica diaria del entrenamiento.

La necesidad de planificar la preparación física en etapas de formación se acentúa si tenemos en cuenta que el entrenamiento de las capacidades relacionadas con el sistema neuromuscular, como la velocidad o la coordinación, determinarán en gran medida la calidad de estas capacidades en el futuro (se trata de las capacidades físicas más importantes en el juego). *Si no entrenamos correctamente estas capacidades incurriremos en un gran error pues no podrán recuperarse en su totalidad en etapas posteriores pues se trata de capacidades con escaso margen de mejora en el adulto.* Por tanto, podemos decir que las capacidades condicionales junto con la motricidad (Capacidad Motora) son factores de gran importancia en la formación del deportista.

Estas afirmaciones no pretenden restar importancia a los mecanismos cognitivos (percepción y decisión), tan decisivos en el juego y tan poco considerados en el entrenamiento condicional tradicional. Se observará en la práctica como las tareas o ejercicios involucran en diferentes porcentajes a los tres mecanismos de funcionamiento (condicionales, coordinativos y cognitivos) en función de los objetivos perseguidos. La formación de "jugadores inteligentes" es completamente compatible con todo lo dicho anteriormente.

La planificación a largo plazo debe incluir la preparación de múltiples capacidades: preparación técnica, preparación táctica, preparación física, preparación teórica y preparación psicológica. Según lo expuesto anteriormente, la preparación física debe ocupar un lugar destacado en el proceso de formación y planificación a largo plazo para lo cual se realizará un programa que abarque todas las capacidades de rendimiento y además asegure el desarrollo físico deseado.

Características Fisiológicas del Básquetbol.

El carácter científico de las investigaciones relacionadas con los factores que pueden actuar sobre la optimización del rendimiento deportivo testimonia la importancia de lo que se ventila y la convicción íntima según la cual nosotros (entrenadores) estamos en disposición de preparar y de provocar el mejor rendimiento. Para ello nos corresponde proceder al inventario de las diferentes exigencias fisiológicas que nos impone la práctica del basquetbol tanto a nivel formativo como en el alto rendimiento. Están estrechamente ligados a la duración del juego, así como a las diferentes acciones que lo componen: su frecuencia, su periodicidad, la intensidad y los tiempos de recuperación. En los deportes llamados cíclicos, tales como el atle-

tismo o la natación, se han realizado importantes investigaciones que han permitido comprender y dominar mejor ciertos factores; ya que se trata de actividades deportivas cuyos modelos de ejecución permanecen bastante estereotipados. Por el contrario, en los deportes llamados acíclicos, como el basquetbol o el balonmano, que se componen de modelos de ejecución variables y frecuentemente imprevisibles, la evaluación y la distribución de esfuerzos se revelan mucho más complejas. Dicho esto, me ha parecido fundamental tener en cuenta los resultados de algunas observaciones realizadas y aprovecharlas para proceder a una evaluación objetiva de las acciones motrices más significativas en nuestra especialidad.

Teniendo en cuenta que el basquetbol es un deporte de oposición y de colaboración que genera comportamientos sociomotores particulares, codificados y regidos por un reglamento muy concreto, la identificación de los diferentes tipos de esfuerzos que efectúa un jugador solamente puede obtener a partir de una observación directa del juego. Hay seis parámetros que nos permiten obtener las informaciones indispensables para la evaluación de estos esfuerzos.

- Las acciones técnicas
- Las acciones tácticas
- Los saltos realizados
- Las distancias recorridas y su intensidad
- Los tiempos de actividad y de recuperación
- La incidencia del reglamento

Las Acciones Técnicas.

Las acciones técnicas más importantes y que se repiten con mayor frecuencia durante un encuentro son el pase, el drible y tiro.

Tabla 1. Cuantificación de las acciones técnicas realizadas por juego.

Acciones técnicas	Total
Driblings	744
Pases	290
Tiros	Tiro campo (75), tiro Libre (17)

Según el dribling es la acción técnica más solicitada durante el juego (60%) seguida del pase (22%), mientras que la acción de tiro solamente representa el 7%. Al ser esta última la resultante de las dos primeras, parece lógico que su frecuencia sea de este orden. Sin embargo, la conclusión a que se llega, a partir de estos datos, es la existencia de una hiper-especialización en función de los diferentes puestos de juego.

Tabla 2. Cuantificación de las acciones técnicas por puestos de juego.

Posición de juego	Base	Canastero	Poste
Driblings	567	73	14
Pases	124	103	63
Tiros	Tiro de campo (7), tiro libre (1.5)	Tiro de campo (36), tiro libre (8.2)	Tiro de campo (32), tiro libre (7.3)

Aunque se habla cada vez más de la polivalencia de los jugadores, la realidad del terreno confirma la presencia de una nueva etapa de especialización.

Los bases son los responsables de la organización y de la conducción del juego y, por tanto, es comprensible que tengan la posesión del balón el 12% del tiempo de juego. Su dribling básico representa el 88 % del total y el 44 % del total de los pases. Los aleros realizan el 35 % de los pases, mientras que los postes solamente el 21 %. En cambio, el reparto de tiros es más equitativo: 48 % de tiros para los canasteros y 42 % para los postes.

La aparición del tiro de 3 puntos modificó de manera importante el ataque y la defensa, en tanto en el plano del juego como en el plano físico. En el campeonato del mundo en Toronto, Canadá, se cuantificó la frecuencia de los diferentes tiros (de dos y tres puntos) así como los porcentajes de acierto.

La frecuencia de tiros disminuye en la zona de dos puntos de lejos (solamente el 8% de las canastas se marcan en esta zona), en la medida en que la agresividad defensiva es importante, así como la creación de espacios aislados para buscar mejor en juego de 1 contra 1 en el interior o en penetración. Además, el porcentaje medio de aciertos en esta zona (37%) es del mismo orden que el de los tiros de tres puntos (38 %).

Por el contrario, los tiros cerca de la zona interior también son los más utilizados (en 67 % de los tiros se hacen en la zona interior) pues el porcentaje de aciertos es importante (entre el 55 % y el 59 % de promedio)

El tiro de tres puntos se ha convertido en un arma temible. Los mejores equipos alcanzan entre el 40 % y el 46 % de éxito. Estos tiros representan el 23 % del total de los tiros intentados (de dos y de tres puntos) y el 21 % del total de puntos marcados. Los defensas no pueden estar demasiado lejos de su jugador, y por ello han aumentado las canastas marcadas cerca de la penetración. El ataque gana por la por la mano a la defensa, pues la ayuda cada vez es más difícil.

Las Acciones Tácticas

Puede haber tantos esquemas tácticos como entrenadores. Sin embargo, la observación de los encuentros de diferentes campeonatos nacionales europeos muestra un abanico de disposiciones tácticas bastante reducido. Esta simplificación se debe a una nueva concepción estratégica: la lectura del juego. Este estilo de juego ya no se fundamenta en jugadas o sistemas acordados, sino más vienen la búsqueda sistemática de una adaptación rápida y eficaz a los comportamientos de la defensa.

Esta simplificación en la elaboración de sistemas, tanto ofensivos como defensivos, provoca la repetición de ciertas disposiciones tácticas a las que cada entrenador agrega sus variantes según las características de los jugadores de su equipo.

La importancia de las etapas y de los comportamientos de transición ha permitido poner en evidencia el aspecto atlético y físico, pues todo va más rápido, más alto y se desarrolla con más fuerza. Esto se traduce en una gran velocidad de carrera y de ejecución en las fases de contrataque, una mayor capacidad de anticipación durante las fases aéreas (trayectoria de rebote, balance defensivo) y una mayor velocidad de reacción para la lectura del juego.

Los Saltos Realizados

Otro parámetro importante para identificar y evaluar las exigencias fisiológicas del baloncesto radica en el estudio del número y de la naturaleza de los saltos realizados. Los resultados de la investigación permiten dirigir mejor la preparación física específica sobre todo de potencia y coordinación. En lo que nos interesa, hemos clasificado diversos comportamientos donde la acción de saltar es cuantificable.

- Salto para el rebote defensivo
- Salto para el rebote ofensivo
- Salto para el saque entre dos
- Salto para el tiro a la canasta
- Salto para pasar en suspensión

A esta variedad de saltos, es preciso añadir dos criterios importantes: los diferentes posiciones en el juego que realizan estos saltos y la dinámica del salto. En efecto, el base o guardia y el poste no están implicados de la misma manera en el rebote ofensivo, los saltos de los jugadores interiores son en realidad más estáticos que los tiros en penetración (dinámicos) de los jugadores exteriores. La distribución del número total de saltos por posición de juego se presenta así:

- El guardia tiene un promedio de 25 saltos realizados en el juego.
- El canastero o alero tienen un promedio de 71 saltos realizados por juego.
- El poste tiene un promedio de 100 saltos realizados por juego.

Quiere decir que si lo llevamos a los porcentajes el poste tiene un 50 % de saltos realizados mientras que los canasteros o aleros un 37 % y por último los bases o guardias tan solo un 13 % de saltos realizados por juego.

Las distancias recorridas y su intensidad

En el basquetbol, como en otros deportes colectivos, el parámetro que determina el tipo de esfuerzo es esencialmente la distancia recorrida, así como la intensidad del

desplazamiento. Estos datos permitirán una mejor planificación del desarrollo de la resistencia específica.

La evolución de las estructuras formal y funcional de nuestra especialidad ha modificado fuertemente los datos que se refieren al dominio de este parámetro. Mientras los estudios derivados de observaciones de encuentros de los años 70 a 80 permiten identificar cierto kilometraje absoluto por puestos de juego, la observación de los encuentros de los últimos años comprueba la influencia de las tendencias ofensivas y defensivas contemporáneas sobre los factores fisiológicos.

Tabla 3. Evolución del kilometraje recorrido en un juego.

Autores	De 1970 a 1985	
	Puestos de juego	Distancias (metros)
Gradowska (1971)	Guardias Canasteros Postes	? 3.522 3.949
Cohen (1980)	Guardias Canasteros Postes	3.017 3.171 3.956
Colli	Guardias Canasteros Postes	3.500 4.000 ?
	De 1985 a 1990	
Moreno (1987)	Guardias Canasteros Postes	6.104 5.632 5.552
Galiano (1987)	Guardias Canasteros Postes	5.913 5.655 5.567

El volumen de carrera ha aumentado a medida que los ataques son cada vez más rápidos (el número de posesiones de balón aumenta), las defensas individuales a media pista y frecuentemente a toda la pista, así como los jugadores interiores son cada vez más polivalentes. Ya no existen disparidades entre jugadores internos y jugadores exteriores. Las posiciones cerca de la línea de fondo son ocupadas tanto por unos como por otros. Los comportamientos de transición colectivos y la evolución técnico – táctica del juego están para algo: en las secuencias de contrataque y de transición ofensiva, el paso clásico de los dos carrileros ha caído en desuso. Si se puede ver todavía el corte del primer seguidor, el segundo escolta, ya sea para facilitar las circulaciones (por poca presión defensiva), para intentar un tiro de tres puntos.

En las secuencias de balance defensivo los jugadores interiores no van hasta su línea de fondo para esperar la llegada de su contrario, sino que esperan a nivel de la línea media, para ayudar a los jugadores exteriores en su presión sobre el portador. Los dos contra uno a nivel de los ángulos de la línea media son las situaciones más clásicas (los atacantes 4 y 5 tienen frecuentemente un tiempo de retraso, y favorecen a este tipo de situaciones).

En realidad, el estilo de juego de cada equipo influye sobre este kilometraje absoluto. Un equipo que practique un ataque dinámico y corto tendrá un kilometraje absoluto un 40% mayor que un equipo que practica basquetbol controlado. Dos estilos de juego diferentes, que tienen exigencias fisiológicas diferentes y que, por tanto, deberán ser objeto de dos preparaciones físicas distintas.

En lo que concierne a las intensidades distingue cuatro niveles de intensidad de carrera:

1. Recuperación: velocidad inferior a 1 m/s.
2. Trote: velocidad comprendida entre 1 y 3 m/s.
3. Carrera rápida: velocidad comprendida entre 3 y 5 m/s.
4. Esfuerzo máximo: velocidad entre 5 y 8 m/s.

Estas velocidades de desplazamiento no tienen la misma frecuencia de aparición, y esta última varia ligeramente en función del papel del jugador (guardias, canasteros y postes).

Tabla 4. Frecuencia de los cuatro niveles de intensidad de carrera en función de los puestos

Puestos juego	Intensidad carrera	% de metros recorridos	% de tiempo recorrido
Guardias	1	13.30	46.04
	2	54.15	42.26
	3	27.45	10.44
	4	5.10	1.26
Escoltas	1	14.36	49.63
	2	53.54	39.53
	3	27.36	9.75
	4	4.64	1.09
Canasteros	1	15.38	50.33
	2	54.02	39.53
	3	26.31	9.16
	4	4.29	0.99
Postes	1	14.40	52.53
	2	52.76	36.80
	3	28.33	9.65
	4	4.51	1.02

Se ha evaluado la distancia recorrida, por puesto de juego, en función de la intensidad de carrera. Según estos datos, la mitad de la distancia recorrida se realizaría a velocidades comprendidas entre 1 y 3 m/s, y solamente menos del 5 % de la distancia a una velocidad superior a 5 m/s, o sea un poco más de 250 metros.

Tabla 5. Distribución de las distancias recorridas por puestos de juego y por la velocidad de desplazamiento.

	Velocidad de desplazamiento							
Puestos y distancias m/s	**0-1**	**1 -- 2**	**2 -- 3**	**3 -- 4**	**4 -- 5**	**5 -- 6**	**6 -- 7**	**7 -- 8**
Guardias 5.913 m	801	1.648	1531	1.052	579	227	62	13
Escoltas 5.655 m	814	1.610	1.452	1.029	539	204	53	8
Aleros 5.655 m	857	1.674	1.411	986	495	195	35	3
Postes 5.567 m	785	1.511	1.416	1.051	544	191	62	8
Total 17.135 m	2.443	4.832	4.357	3.089	1.618	613	159	24

La evaluación de las exigencias fisiológicas a través del kilometraje (absoluto) y de las velocidades de desplazamiento sigue siendo un proceso complejo que evoluciona con los aspectos técnico – tácticos del juego y, que por tanto, debe ser objeto de observaciones regulares, para descubrir lo más pronto posible cualquier modificación. Aunque la evaluación de las distancias y la identificación que determinan el tipo de esfuerzo en el basquetbol, un análisis de la calidad de la tarea necesita que los datos recogidos se completen con otros indicadores.

Tiempo de Actividad y de Recuperación.

Para conocer mejor la naturaleza de los esfuerzos y planificar mejor la preparación física específica, es indispensable conocer la distribución de los esfuerzos (tiempos de recuperación).

Este estudio muestra los porcentajes tiempos de esfuerzos y de pausas analizados de 10 en 10 segundos, para poner en evidencia las estructuras temporales dominantes. Cerca del 52 % de los tiempos de actividad se concentran en periodos que varían de 11 a 40 segundos. Los tiempos de juego que se prolongan más allá del minuto representan el 28.7 % y son, por tanto, bastante reducidos. Igualmente, el tiempo de juego parece tener consecuencias sobre el tiempo de pausa que le sucede. Si el primero aumenta, también aumenta el tiempo de pausa. Durante estos tiempos de esfuerzos comprendidos entre el 11 y 40 segundos, los jugadores

pueden defender intensamente 10 segundos y atacar con un ritmo moderado durante 20 segundos. Así pues, esta distribución pone en evidencia la estructura intermitente propia de la actividad del basquetbol, los datos obtenidos no tienen en cuenta las pausas activas comprendidas en el tiempo de juego. Esta es la razón por la cual hemos evaluado, anteriormente, las distancias recorridas, así como la distribución de las velocidades medias.

Por otra parte, el 52 % de los tiempos de recuperación varía también entre 11 y 40 segundos. Son debidos esencialmente a interceptaciones y a saques de banda, a tiempos muertos, a faltas personales y a sustituciones de jugadores. Los tiempos de pausa superiores a 40 segundos se producen esencialmente con ocasión de tiros libres o tiempos muertos (alrededor de 1 minuto).

Tabla 6. Distribución de los esfuerzos y de las pausas.

Duración en segundos	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
1 a 10	34	5.4	36	5.7
11 a 20	141	22.5	153	24.4
21 a 30	108	17.2	114	18.2
31 a 40	76	12.1	57	9.1
41 a 50	43	6.8	66	10.5
51 a 60	45	7.1	60	9.6
61 a 70	37	5.9	45	7.1
71 a 80	25	4	36	5.7
81 a 90	30	4.8	6	1
91 a 100	11	1.7	15	2.4
101 a 110	23	3.7	9	1.4
111 a 120	21	3.3	3	0.5
Mas 120	33	5.3	3	0.5

A pesar de la multitud de combinaciones o acciones consecutivas que se pueden producirse, un tercio de todas las acciones de juego única, un segundo tercio comporta de dos a tres acciones consecutivas, y solamente un cuarto de las acciones comporta 4 ó 5 acciones consecutivas (casi siempre seguidas de una recuperación que se aproxima a los 60 segundos).

Tabla 7. Distribución media de acciones consecutivas durante los partidos y sus duraciones medias.

Número de acciones	Número de veces	Duración - Media	Total en un Partido	% del Tiempo total
1 acción	16.33	19 seg	310 seg	13%
2 acciones	10.33	34 seg	350 seg	14%
3 acciones	7	49 seg	343 seg	14. 4 %
4 acciones	5.33	58 seg	307 seg	12.90%
5 acciones	5	85 seg	425 seg	17.80%
6 acciones	2.33	90 seg	207 seg	8.70%
7 acciones	4	111 seg	444 seg	18.60%

La evaluación de los tipos de alternativa actividad/recuperación, nos proporciona indicaciones necesarias para la evaluación de la carga de competición.

Tabla 8. Frecuencia cardiaca (F.C) y porcentaje de tiempo pasado en el partido de acción por puestos de juego.

	Guardias		Canasteros		Postes	
Tipo de acción	FC.	% tiempo jugado	FC.	% tiempo jugado	FC.	% tiempo jugado
Reposo	150		159		153	
Defensa sobre el portador	172	14.5	171	13	169	7.5
Defensa sobre el no portador	167	18	171	13	169	14.5
Defensa lado ayuda	164	8.2	154	14.7	154	18.2
Carrera lenta	167	11.7	162	13	161	3.5
Carrera Moderada	174	11.2	171	20	170	17
Carrera Rápida	176	12	175	11.7	177	7.2
Carrera rápida con el balón	195					
Salto con tiro en suspensión	208	5.5	207	4.7	204	2.2
Salto para rebote	178	1.2	174	3.2	180	5.7
1 contra 1 sin balón	169	11	166	9.5	167	5.2
1 contra 1 con balón	183	3	178	4.7	178	2.5

A pesar de la ausencia de la F.C máxima y de los diferentes umbrales alcanzados por los jugadores implicados, podemos decir que las frecuencias en los tiros es suspensión deben estar cerca de las frecuencias máximas. Así, una frecuencia de 175 pulsaciones por minuto correspondería al 85 % de la F.C máxima. A partir de ahí, estamos en disposición de establecer una clasificación de las diferentes acciones en funciones del tipo de esfuerzo que se requieren.

Tabla 9. Situaciones y procesos energéticos solicitados (Moreno, 1990).

Situaciones y acciones de juego	Solicitaciones Energéticas	Tipos de Esfuerzos
El partido Entrenamiento Repetición de esfuerzos y largos	Aeróbica	Esfuerzos de intensidad débil y de larga duración Pocos desechos y poca fatiga
La defensa sobre el jugador con balón La defensa sobre el jugador sin balón El encadenamiento de acciones (defensa -rebote- contrataque)	Anaeróbica Láctica	Esfuerzos de intensidad media y de duración bastante importante. Desechos y fatiga importante.
Saltos repetidos al rebote, intercepciones, fintas, cambios de ritmo, contrataque, salto en suspensión	Anaeróbica Aláctica	Esfuerzos de intensidad máxima y de corta duración. Sin producción de ácido láctico pero de fatiga nerviosa.
Defensa prolongada, salida al contrataque y de tiro (al final del esfuerzo aparece solicitación anaeróbica láctica)	Anaeróbica aláctica/láctica	Esfuerzos Mixtos
Encadenamiento de una serie de acciones muy agotadores durante varios minutos	Anaeróbica láctica/aeróbica	Esfuerzos Mixtos

La Importancia de la Fuerza en el Proceso de Entrenamiento.

El desarrollo de la preparación física en el deporte de alto rendimiento, viene acompañado de una valoración creciente de la ventaja de contar con adecuados niveles de fuerza, potencia y velocidad.

Figura 1. Pirámide de rendimiento deportivo (Anselmi, 2009).

Esta pirámide, dice que el alto rendimiento, está constituido por la habilidad de realizar gestos deportivos de calidad y la capacidad de repetirlos varias veces con la misma calidad.

La posibilidad de ejecutar y repetir los gestos deportivos se debe a la coordinación de los tres componentes fundamentales, la velocidad, la fuerza y la resistencia, que están ubicadas en la base de la pirámide. La fuerza suele ser el centro fundamental para el desarrollo de las otras cualidades, tanto de la velocidad, como de la resistencia.

Específicamente en términos deportivos o de entrenamiento, esto no es tan así, un individuo fuerte no es necesariamente veloz, pero un individuo muy veloz, con seguridad muestra niveles de fuerza muy altos.

La potencia depende directamente de la fuerza y de la velocidad, si tomamos en cuenta la física esto se podría decir de la siguiente manera:

Potencia = Fuerza X velocidad

Queda entendida la tremenda importancia que tiene la fuerza en la capacidad de ejecutar gestos deportivos con gran velocidad y potencia.

La fuerza es un componente esencial para el rendimiento de cualquier ser humano y su desarrollo formal no puede ser olvidado en la preparación de los deportistas. Un acondicionamiento satisfactorio de la fuerza depende de una comprensión completa de todos los procesos que intervienen en la producción de fuerza en el cuerpo.

Antes de proponer programar un entrenamiento de fuerza es necesario tener claro los conceptos básicos relacionados con la manifestación de la fuerza y con su denominación. Estos conocimientos deben ser el punto de partida para programar el entrenamiento y para saber qué hemos de medir para comprobar los efectos, cómo hemos de medir, cómo hacerlo y para qué. Por ejemplo, no tendría sentido decir que ahora vamos a medir o a entrenar la fuerza explosiva y en otro momento vamos hacer lo mismo con la fuerza rápida, o que para mejorar o medir la fuerza explosiva tenemos que utilizar resistencias muy ligeras, o que el entrenamiento de fuerza es opuesto al de la potencia. El primer paso es fundamental para tratar de superar muchas de estas situaciones es revisar algunos con-

ceptos básicos relacionados con la manifestación de la fuerza y sus consecuencias para el entrenamiento.

Tabla 10. Claves para el desarrollo de la potencia (Anselmi, 2009).

Tipo de fibra	Blanca (T 1)	Blanca (T 2)	Roja
Características	Explosivas	Rápidas	Lentas
Tipo de esfuerzo	Fuerza explosiva	Resistencia fuerza	Resistencia
Duración	Menos de 10"	Entre 15´´ y 2 min.	Más de 3 min.
Sist. Energético Predominante	Anaeróbico Aláctico	Anaeróbico Láctica	Aeróbico
Intens. De Entr.	90-110% y 25-30%	50-85%	0-45%
Volumen de Entr.	Mínimo	Intermedio	Grande
Efecto del Entr.	Fuerza explosiva	Fuerza con hipertrofia	Resist.sin hipertrofia
Gasto Energético	Muy pequeño	Intermedio	Grande
Estimulo Cerebral	45-100 Hz	30 Hz	15 Hz

Como sabemos la discusión sobre los diferentes tipos de fibras musculares todavía continúa pero en lo que a nosotros respecta, para el tema que estamos tratando, es suficiente con lo que aquí exponemos.

Las fibras lentas (slow twicht, ST) poseen una gran vascularización y un contenido rico en mioglobina, lo que las habilita a usar oxígeno en grande cantidades. Este tipo de fibra no tiene un gran poder de contracción, pero en cambio tiene una enorme resistencia a la fatiga. Sus gastos energéticos son aportados por un proceso de oxidación denominado metabolismo aeróbico.

Este tipo de fibras es utilizado principalmente en deportes como las carreras de fondo y su capacidad para la hipertrofia resulta muy pequeña.

Las unidades motoras que activan este tipo de fibras son pequeñas por lo que el estímulo neurológico necesario para ponerlas en funcionamiento es sólo de 15 Hz.

Las fibras rápidas (Fast twitch, FTlla), tienen grandes condiciones para la hipertrofia, son las que se ocupan de realizar los esfuerzos de intensidad intermedia, como el complemento de pesas, o subir una cuesta.

Las fibras rápidas presentan una vascularización mínima y un bajo contenido mitocondrial, lo que implica una escasa capacidad para generar energía por parte de los mecanismos de oxidación.

Su forma de desarrollo depende del metabolismo anaeróbico, es decir, aporta energía en ausencia de oxígeno.

La hipertrofia sarcoplasmática que presentan de debe a la característica de las tareas que se realizan. Los esfuerzos intermedios las obligan a contar con mayores reservas de glucógeno albergadas en la fibra, más al poseer unidades motoras de mayor envergadura que la de las fibras lentas, el estímulo neurológico necesario para reclutarlas es mayor, alcanzado los 30 Hz. Al ser más elevado que el de las fibras lentas, las recluta a ambas, provocando una mejora en la activación neuromuscular.

Las fibras explosivas (FT llb), realizan esfuerzos violentos y cortos, el combustible que utilizan es el ATP y las reservas de fosfocreatina.

El sistema energético que predomina en este tipo de fibras es anaeróbico aláctico. Para realizar un esfuerzo violento el cerebro se ve obligado a mandar una fuerte señal que supera los 50 Hz y puede llegar hasta los 100 Hz.

Cuando las fibras explosivas son reclutadas también lo son, las fibras lentas y rápidas, generando como resultado un importante incremento en la activación neuromuscular.

Las fibras explosivas se utilizan en aquellas disciplinas que requieren esfuerzos cortos y potentes como, los lanzamientos, saltos y levantamientos de pesas.

En la mayoría de los deportes no resultan tan importantes los niveles de fuerza máxima que se puedan alcanzar sino el hecho de alcanzar altos niveles en el momento exacto en el que me lo exige la situación y el propio gesto deportivo.

En los sedentarios este reclutamiento no sobrepasa al 25 – 30% de las unidades motoras disponibles, mientras que en los deportistas de alto nivel este reclutamiento alcanza el 70 – 80%.

El aumento del reclutamiento es sin lugar a dudas uno de los objetivos principales del entrenamiento. Este aumento requerirá fundamentalmente de una adaptación del sistema nervioso central. Una acción en la cual todas las unidades motoras contraigan a las fibras en el mismo momento es una acción sincronizada (Anselmi, 2009).

El Entrenamiento con Sobrecarga.

Una función primordial de los entrenadores es la de interpretar las necesidades de su deportista y plantear las exigencias del entrenamiento de una manera coherente y efectiva.

El entrenamiento con sobrecarga es el sistema óptimo para el desarrollo de la fuerza con o sin hipertrofia. Es tan efectivo este sistema que se producen resultados positivos en personas que han sido entrenadas con un programa deficiente o lo que es peor aún sin ningún tipo de programa.

Un entrenamiento inadecuado puede provocar un sin número de inconvenientes y un empeoramiento de la aptitud competitiva. Una planificación errónea produce una serie de inconvenientes como el acortamiento de la musculatura tónica o de sostén, que no sólo puede debilitar la física o de ejecución, sino terminar en lesiones.

La correcta interpretación de las diferentes características a entrenar es primordial. A priori podemos considerar dos capacidades fundamentales en los deportistas.

1. La capacidad para ejecutar.
2. La capacidad de sostener.

La capacidad para ejecutar, se caracteriza por una determinada velocidad y tiempo de ejecución. Esto involucrará una cierto tipo de fibra, un sistema energético y hasta una diferente intensidad del estímulo neurológico.

La capacidad de sostener se encuentra basada en el entrenamiento de fibras lentas como en las rápidas. Involucra los sistemas aeróbico y anaeróbico láctico.

Cuando comienza el proceso de entrenamiento con sobrecarga el énfasis inicial estará en dotar de una adecuada capacidad de sostén a la musculatura del tronco especialmente en lumbares y los abdominales.

Criterios de referencia generales en el diseño del entrenamiento de potencia.

Para diseñar cualquier programa de entrenamiento de fuerza, inicialmente hay que establecer el objetivo del mismo. Este objetivo se establece a partir del análisis del deporte o acción sobre la que se quiere incidir, es decir, es necesario considerar los requerimientos energéticos, los movimientos específicos la experiencia de los deportistas y la prevención de lesiones.

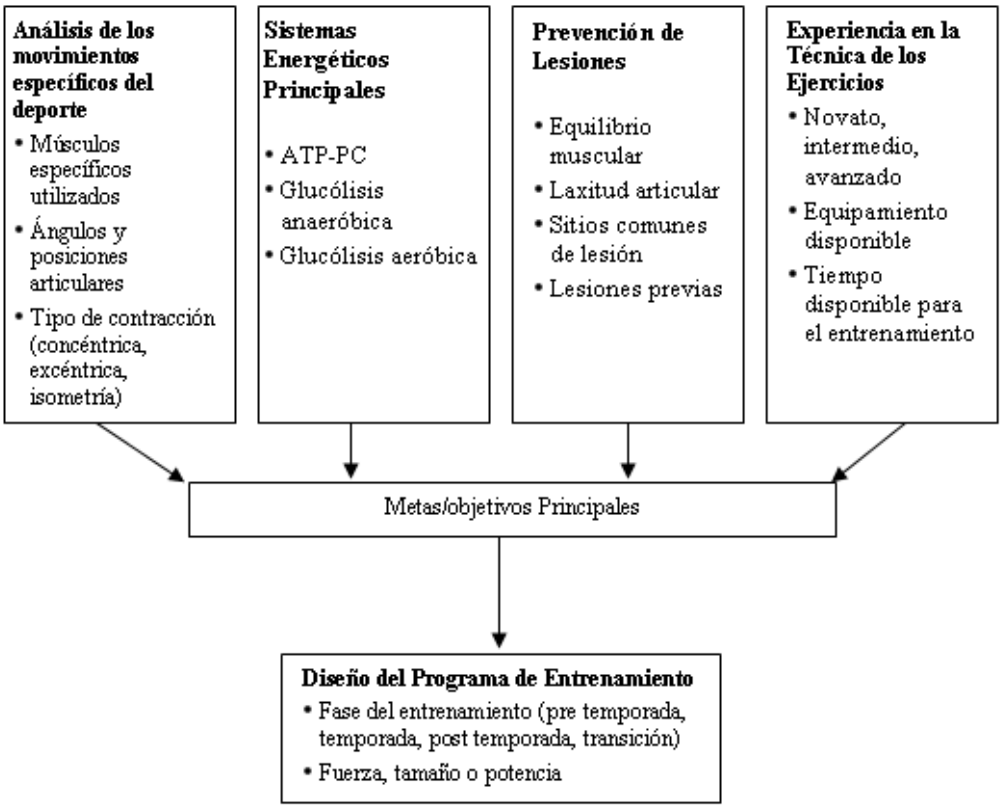


Figura 2. Criterios para el diseño de programas de entrenamiento (Binkley, 2004).

1. *La especificidad del entrenamiento*. Cuando el objetivo es el desarrollo de la potencia muscular, los ejercicios deben ser específico para los movimientos realizados en competición. Los ejercicios seleccionados para su desarrollo, deben cumplir con los patrones específicos de las acciones técnicas realizadas en la competición, es decir, deben trabajar la musculatura, en ángulos similares y con los mismos tipos de contracciones.

2. *Sistemas energéticos principales.* El básquetbol es un deporte acíclico, en el que se realizan acciones de alta intensidad de corta duración, y con pocos periodos de recuperación (tabla 6). Las acciones de alta intensidad emplean la energía generada mediante el sistema anaeróbico aláctico, y entrando a sistema láctico debido a la duración de los esfuerzos realizados, se obtiene energía a partir de este sistema.

3. *Prevención de lesiones.* Un objetivo implícito en el trabajo de fuerza, es prevenir posibles lesiones, y no provocarlas. Antes de seleccionar los ejercicios hay que conocer el histo-

rial d lesiones de los jugadores, comprobar la laxitud articular, y analizar los puntos comunes de lesiones en cada deporte. Este análisis, permitirá programar con mayor precisión la progresión del entrenamiento.

4. *La experiencia de los deportistas.* En la planificación del trabajo orientado al desarrollo de potencia, es preciso tener en cuenta el nivel de los deportistas (Binkley, 2004; Bompa, 2000; Van den Tillar, 2004). En deportistas jóvenes poco entrenados, resulta fácil mejorar los niveles de fuerza, y con ello, la altura o velocidad de lanzamiento. En cambio, en deportistas altamente entrenados, con buenos niveles de fuerza máxima, necesitan un entrenamiento más específico orientado hacia la velocidad, para mejorar la potencia.

Factores que Influyen en el Desarrollo de la Potencia.

Una vez establecido el objetivo del entrenamiento, y partiendo del análisis previo de estos cuatro aspectos, llega el momento de diseñar el programa de entrenamiento, donde es preciso desarrollar una progresión en función de la fase de la temporada, pre-temporada, periodo de competición y periodo de transición (Figura 2).

Kraemer y Newton (1994) describen el proceso de periodización tradicional en el entrenamiento de la fuerza para mejorar la altura de salto, en función del momento de la temporada.

En la fase de pretemporada de preparación general, se pretende mejorar los niveles de fuerza máxima, primero con un trabajo con pesas orientado al desarrollo de fuerza muscular, y después orientado al desarrollo de los factores neuromusculares. Como medio de trabajo se recomienda el uso de ejercicios como la sentadilla y la prensa de pierna.

En la fase de pretemporada de preparación específica, la mejora de la fuerza lograda con el trabajo de la fase anterior, debe dar a la conversión de la mejora de la potencia, se pretende mejorar la fuerza explosiva y de la fuerza elástica explosiva. En esta fase se utilizan dos métodos, el entrenamiento con pesas y el pliométrico simple. En el entrenamiento con pesas, se recomienda el uso de la sentadilla y de la prensa con piernas con cargas que permitan una rápida aceleración en la fase concéntrica, mientras que en la fase excéntrica se realiza de forma lenta para evitar lesiones.

En la fase pre-competitiva, se pretende mejorar la fuerza reactiva mediante el uso de ejercicios que afecten a los factores nerviosos y que activen el ciclo de estiramiento-acortamiento. Se recomienda el uso de ejercicios de pesas con cargas ligeras (30-60% 1RM) que permitan la realización del salto completo y ejercicios pliométricos. Los ejercicios deben ser con movimientos que provoquen contracciones similares a los de competición.

En la fase de competición, se pretende mantener durante el mayor tiempo posible los niveles de potencia adquiridos en la fase anterior. Como medio de entrenamiento se usa sobre todo ejercicios específicos de competición, alternando sesiones de pesas con cargas altas y ligeras.

Factores para el desarrollo de la potencia.

El éxito del trabajo de fuerza, se consigue cuando el estímulo de entrenamiento es el adecuado para el objetivo buscado. En el caso de la potencia muscular, el estímulo adecuado de entrenamiento lo marca el hecho de trabajar a la máxima velocidad posible. Es decir, la potencia se puede mejorar con cualquier carga de trabajo, siempre que se realice a máxima velocidad (Cometti, 1998).

Cuando se trabaja con cargas bajas, el jugador debe estar altamente concentrado, sí esto no es así, puede reducir la intensidad de los ejercicios y no trabajar a máxima velocidad, no logrando el efecto de entrenamiento deseado (Kraemer y Newton, 1994).

El desarrollo de la potencia parece estar influenciado por los siguientes factores fisiológicos (Bosco, 1994; Bosco, 2000):

a) *La frecuencia de los impulsos nerviosos que llegan al músculo desde el cerebro.* Los ejercicios realizados para mejorar la potencia, deben generar frecuencias de impulsos altas, capaces de estimular a las fibras rápidas. Frecuencias de 100-120 Hz o de 125-150 Hz. según Cometí (1998).

b) *El número de fibras musculares a las que envían los mensajes.* Cuanto mayor sea el número de fibras estimuladas al mismo tiempo, mayor será la fuerza generada. El entrenamiento provoca la inhibición de las células de Renshaw, esta inhibición permite actuar de forma sincronizada a un número mayor de fibras musculares.

c) *La influencia del biofeedback* de las células de Renshaw, de los propioceptores (o husos musculares), de los corpúsculos tendinosos de Golgi, de los receptores articulares a nivel espinal o supra espinal. Los movimientos que provocan un rápido estiramiento muscular, dan lugar a la estimulación de husos musculares que mediante el llamado reflejo miotático, puede aumentar la potencia de la contracción concéntrica.

d) *Los tipos de fibras estimuladas (rápidas, intermedias o lentas).* Las fibras rápidas posibilitan generar mayor potencia.

e) *El diámetro y fuerza de cada una de las fibras musculares.* El entrenamiento de potencia puede incrementar el volumen de las fibras de concentración rápida, provocando una hipertrofia muscular (Kraemer et al. 2004).

f) *La utilización de la energía elástica* durante la activación muscular del ciclo estiramiento-acortamiento. En las acciones en las que se realiza el ciclo estiramiento-acortamiento, se produce un almacenamiento de energía durante la contracción excéntrica, debido al estiramiento del elemento elástico muscular en serie. Esta energía , incrementa posteriormente la potencia de contracción en la fase concéntrica del movimiento.

g) *El estado de entrenamiento en que se encuentra la fibra muscular.* Esto influye tanto en el comportamiento neuromuscular como en el metabólico de la misma fibra.

h) *Coordinación intermuscular.* Este factor no incluido en la clasificación de Bosco (2000), es considerado por Bompa (2000) como otro de los aspectos que influyen en el desarrollo de la potencia. La perfecta cooperación de los músculos agonistas (contracción) y anta-

gonistas (relajación), posibilita el aumento de la eficacia del movimiento. La mejora de la coordinación intermuscular se producirá si dentro del trabajo de potencia, se realizan ejercicios específicos del deporte o de la técnica a desarrollar.

Métodos de trabajo de fuerza para mejorar la potencia.

En este apartado se describen inicialmente, los métodos para el desarrollo de la fuerza general, y después, los métodos más utilizados de forma específica en el desarrollo de la potencia.

Método	% 1rm	Rep/ Serie	Series	Desc. Entre Series	Velocidad de Ejecución	Efectos Principales
Intensidades Máximas I	90-100	4-8	1-3	3-5 min.	Máxima/ explosiva	Aumento FM[1] (factores nerviosos) Aumento FE[2] Mejora la coordinación Intramuscular Reduce el déficit de fuerza*
Intensidades Máximas II	85-90	3-5	4-5	3-5 min.	Máxima posible	Similares al anterior
Esfuerzos Dinámicos	30-70	6-10	3-5	3-5 min.	Máxima/ explosiva	Mejora de la frecuencia de impulso y de la sincronización Menor efecto sobre la FM
Excén.- Concén. Explosivo	70-90	6-8	3-5	5 min.	Máxima/ explosiva	Efectos de tipo elástico y reactivo Mejora de la FM
Pliométrico	*	5-10	3-5	3-10 min.	Máxima/ explosiva	Mejora de todos los procesos neuromusculares No mejora la fuerza máxima (en sujetos muy entrenados), pero sí su mayor aplicación (potencia)
Contrastes	Combinación de pesos altos y bajos en la misma sesión					Mejora FM y FE según preponderancia
Ejercicios Específicos Con Cargas	Realización de los gestos propios de competición de un deporte y/o ejercicios muy próximos a los mismos por su estructura y carga. La fuerza explosiva y la velocidad de ejecución que hay que entrenar está en relación con la velocidad óptima y/o máxima con la que se realiza el gesto deportivo.					

Figura 2. Métodos para el desarrollo de la fuerza (Cometti, 2002).

Métodos de desarrollo de la fuerza.

El desarrollo de la fuerza, precisa crear tensiones máximas. En función en criterio, de los métodos de entrenamiento se clasifican en dos grupos, según usen cargas máximas o no máximas (Figura 7).

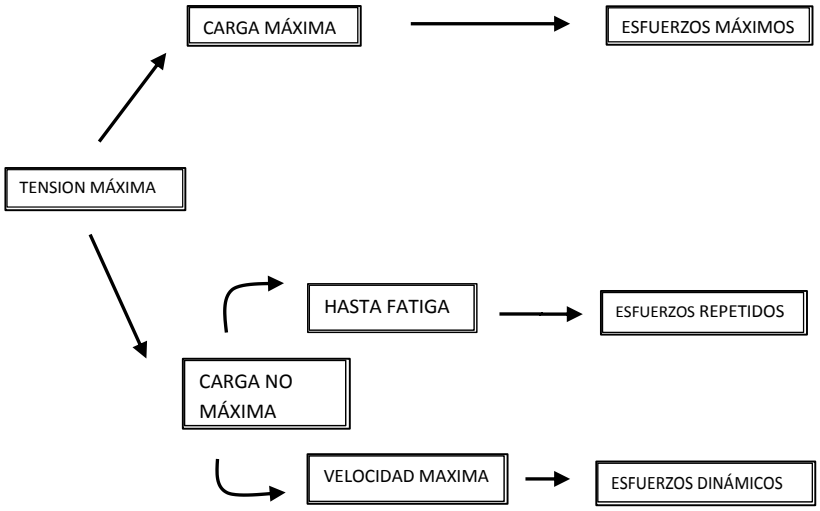


Figura 3. Métodos de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza (Cometti, 1988).

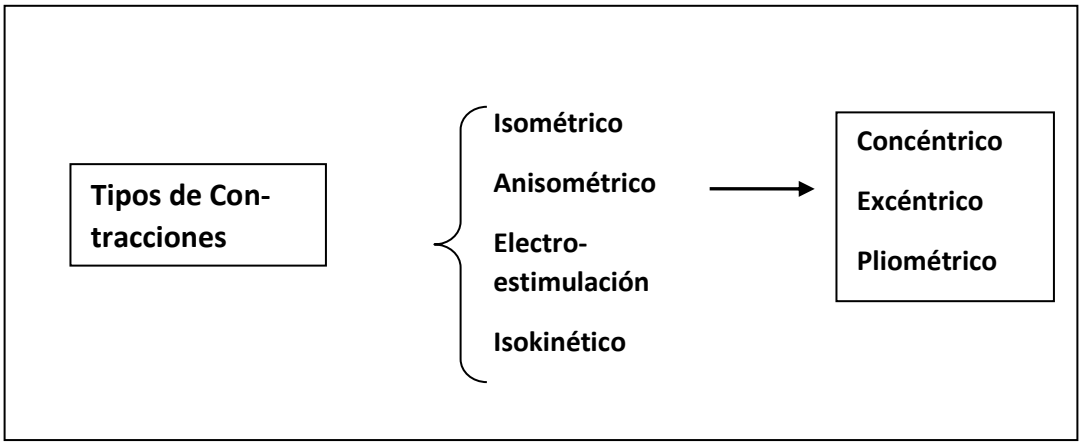
Estos métodos de trabajo se pueden realizar diferentes tipos de contracciones musculares (Cometti, 1998). Por lo tanto, en función del tipo de contracción muscular utilizada se distingue cuatro tipos de entrenamiento:

a) *Entrenamiento Isométrico*: cuando se realizan contracciones musculares sin producir movimiento alguno.
b) *Entrenamiento anisométrico:* cuando las contracciones musculares producen desplazamiento de las palancas articulares. Este tipo de entrenamiento puede darse de tres formas.

- ❖ Concéntrico: cuando el movimiento provocado por la contracción muscular aproxima los puntos de inserción, es decir, el músculo se acorta.
- ❖ Excéntrico: cuando el movimiento realizado provoca alejamiento de las inserciones musculares durante la contracción muscular, es decir, el músculo se estira.
- ❖ Pliométrico: en este caso, debido al tipo movimiento que se realiza, algunos autores prefieren hablar de *ciclo estiramiento-acortamiento* (Knuttgen y Kraemer, 1987). Realmente el trabajo pliométrico se basa en la combinación de dos contracciones, una contracción excéntrica seguida inmediata, de otra concéntrica. Esta combinación es la que provoca el ciclo estiramiento-acortamiento (Cometti, 1998). Para que el movimiento se considere pliométrico, el paso de la fase excéntrica a la concéntrica debe ser muy rápido, pues si se realiza una marcada parada entre ambas fases, la secuencia del movimiento pierde eficacia.

c) *Entrenamiento con electro-estimulación*: para Cometti (1998), las contracciones producidas por la electro-estimulación provocan efectos perturbadores como los otros tipos de contracciones musculares, por eso las incluye dentro de los métodos de entrenamiento.

d) *Entrenamiento Isokinético:* aunque no está incluido dentro de la clasificación de Cometti (1998), este tipo de entrenamiento se basa en contracciones que permiten una velocidad constante durante el movimiento (Knuttgen y Kraemer, 1987; Bompa, 2000). Este método es muy útil en deportes como la natación, donde el agua representa una resistencia constante durante el movimiento. El desarrollo de dicho método, requiere aparatos que permitan mantener constante la velocidad del movimiento.



Métodos específicos de desarrollo de la potencia muscular.

El trabajo de potencia muscular busca actuar ante sobre los factores nerviosos, por esta razón, se aconseja que cualquier trabajo de potencia se realice en ausencia de fatiga. Se plantea realizar el entrenamiento de la potencia al principio de la sesión, tras un calentamiento apropiado (Kraemer y Newton, 1994).

Siguiendo a Bompa (2000), se presenta la descripción de los métodos específicos empleados para desarrollo de la potencia muscular. Estos métodos estarían incluidos dentro de los métodos de esfuerzos dinámicos, descritos anteriormente:

a) *Método Anisométrico.* Representa uno de los métodos más utilizados de entrenamiento para el desarrollo de la potencia. Consiste en desplazar tan rápido como sea posible las cargas que se presentan, las pesas libres, las máquinas de musculación o cualquier tipo de equipamiento que permita al sujeto mover la carga con aceleración.

Tabla 10. Características metodológicas del método Anisométrico (Bompa, 2000).

No.	Parámetros de entrenamiento	Trabajo
1	Carga: Movimientos cíclicos Movimientos acíclicos	30-50% 50-80%
2	Número de ejercicios	2-4
3	Series por sesión	3-6
4	Repeticiones por serie	4-10
5	Intervalo de descanso	2-6 min.
6	Ritmo/velocidad de ejecución	Dinámica/rápida
7	Frecuencia semanal	2-3

b) *Método balístico:* se caracteriza por utilizar cargas ligeras como balones medicinales, gomas elásticas o los propios implementos de la competición (jabalina, balones de juego). Ante estos implementos, la fuerza del deportista el claramente superior a la carga y los movimientos de realizan a gran velocidad, es decir de forma balística. Con este tipo de entrenamiento se favorece particularmente el desarrollo de la coordinación intermuscular, pues se realizan movimientos similares a los de la competición. En la tabla 12 se muestran las características generales de este método de entrenamiento.

Tabla 11. Características metodológicas del método balístico (Bompa, 2000).

No.	Parámetros de entrenamiento	Trabajo
1	Carga	Estándar
2	Número de ejercicios	2-5
3	Series por sesión	3-5
4	Repeticiones por serie	10-20
5	Intervalo de descanso	2-3 min.
6	Ritmo/velocidad de ejecución	Explosivo
7	Frecuencia semanal	2-4

Un caso particular de entrenamiento del método, es denominado "*método de efecto variable*" (Kuznetsov, 1979). Este método consiste en trabajar con gestos técnicos de la competición, alternando cargas ligeramente superiores e inferiores a las de la competición.

En el caso de salto se puede aligerar la carga de los sujetos colgándolos con gomas elásticas, y se puede sobrecargar utilizando pequeños lastres (chalecos, tobilleras).

c) *Método de potencia resistida.* Este método consiste en la combinación de tres métodos; Anisométrico, isométrico y balístico. El movimiento se inicia con una determinada carga, a mitad del movimiento se incrementa la carga, obligando al deportista a realizar contracción isométrica máxima, tras 3-4 segundos, se retira la carga provocando un movimiento balístico. En la tabla 13 se muestran las características generales de este método de entrenamiento.

Tabla 12. Características metodológicas del método de potencia resistida (Bompa, 2000).

No.	Parámetros de entrenamiento	Trabajo
1	Carga	Relacionada con el ejercicio
2	Número de ejercicios	2-4
3	Series por sesión	3-5
4	Repeticiones por serie	4-8
5	Intervalo de descanso	2-4 min.
6	Ritmo/velocidad de ejecución	Explosivo
7	Frecuencia semanal	1-2

d) *Método pliométrico o ciclo estiramiento-acortamiento.* Este método de entrenamiento se basa en provocar contracciones musculares que activen el ciclo estiramiento-acortamiento.

El entrenamiento con ejercicios que activan el ciclo estiramiento-acortamiento, incide sobre la fisiología de la musculatura permitiendo (Cometti, 1997).

- Desarrollar fuerzas superiores a las contracciones voluntarias (de ½ a 2 veces la fuerza máxima voluntaria).
- Disminuyendo las inhibiciones sobre el reflejo miotático.
- Elevando el umbral de los receptores de Golgi.
- Mejorando la sensibilidad del huso neuromuscular.
- Disminuyendo el tiempo de acoplamiento entre la fase excéntrica y concéntrica.
- Aumentando la rigidez muscular.

Según Cometti (1998), el entrenamiento pliométrico incide sobre los factores nerviosos para mejorar los niveles de fuerza, siendo el método que menor efecto tiene sobre la hipertrofia muscular.

Estos ejercicios se clasifican en dos grandes grupos, en función del nivel de impacto creado sobre el sistema neuromuscular; ejercicios de bajo impacto y ejercicios de alto impacto.

Tabla 13. Tipos de ejercicios pliométricos según el nivel impacto (Bompa, 2005).

Ejercicios de bajo impacto	Ejercicios de alto impacto
• Saltos con una pierna. • Saltos con cuerda. • Saltos con escalones bajos, subir y caer con el mismo pie. • Saltos sobre bancos bajos (25-35 cm). • Lanzamientos de balones medicinales (2-4 Kg). • Tracciones con tubo quirúrgico. • Lanzamientos con implementos li-	• Saltos en profundidad y triple salto. • Saltos sobre cajones (hacia arriba) o desde cajones (hacia abajo) > de 35 cm. • Saltos con escalones altos, subir y caer con el mismo pie. • Saltos sobre bancos bajos pero > de 35 cm. • Lanzamientos con balones medicinales (5-6 kg.) • Lanzamientos con implementos

vianos (balón de básquetbol, beisbol).	pesados. • Saltos con caída elevada y saltos reactivos. • Tensión muscular de shock (choque) inducida por maquinas.

A la hora de implementar de incorporar ejercicios pliométricos en un programa de entrenamiento hay que tener presente los siguientes factores:

1. *La edad y desarrollo físico de los deportistas.* El impacto causado a nivel muscular de estos ejercicios, requiere tener cierta precaución en deportistas jóvenes, es preciso tener un buen desarrollo de fuerza básica. Como índice de fuerza necesaria antes de realizar el trabajo pliométrico en el tren inferior, el deportista debe ser capaz de realizar una sentadilla o squat con 1-1/2 a 2-1/2 del peso corporal o ser capaz de hacer 5 sentadillas en menos de 5 segundos con el 60% del peso corporal. Para el tren superior indican que deben ser capaz de realizar el press de banca con 1-1/2 del peso corporal, pero si los sujetos pesan más 90 kg. Se les pide hacer el press de banca con 90 kg. (Ebben y Watt, 1998; García, Navarro y Ruíz 1996).

2. *Los gestos mecánicos energéticos del deporte.* Los ejercicios propuestos deben trabajar las mismas vías energéticas requeridas en competición.

3. *La fase concreta de entrenamiento del plan anual.* Aunque se puedan hacer ejercicios pliométricos de baja intensidad durante todo el ciclo de entrenamiento (Cometti, 1998), se aconseja realizar un bloque específico de entrenamiento pliométrico justo antes del periodo competitivo (Cometti, 1998; Bompa, 2000). Como mínimo los ejercicios pliométricos se deben realizar con tres días de antelación a una competición, para permitir una adecuada recuperación antes del partido (Gómez, 1996).

4. *La necesidad de respetar la progresión metódica de un largo periodo de tiempo.* Comenzando con ejercicios de bajo impacto y progresar paulatinamente a ejercicios de alto impacto. Esta misma progresión se debe llevar a cabo con jugadores que hayan padecido algún tipo de lesión (Davies y Matheson, 2001).

De una forma más concreta para el desarrollo de potencia del salto, Bompa (2000) recomienda el uso de ejercicios pliométricos y saltos reactivos, en cambio, para desarrollar la potencia de lanzamiento, se recomienda el uso de métodos anisométricos y balísticos.

Evaluación de la potencia.

Cuando se realiza un protocolo de entrenamiento para desarrollar la potencia del tren inferior, con el objetivo de mejorar la altura de salto o explosividad en movimientos del deporte en este caso el básquetbol, el efecto de dicho programa de entrenamiento se controla mediante el uso de test de salto. Existe una relación directa entre el objetivo y la medida (la altura de salto).

En el campo deportivo y de la investigación, existen diversos tipos de test e instrumental de gran fiabilidad que ofrecen la información de la altura de salto de una forma rápida e inmediata (García, Paleteiro, Rodríguez, Morante y Villa, 2003; Gusi, Marina, Bogues, Valenzuela, Nácher y Rodríguez, 1997; López, Grande, Meana y Aguado, 1999).

Una de las baterías de test más utilizadas, es la descrita por Bosco (1994). Para realizar esta batería de test, se precisa una plataforma de contacto o de fuerza. Con este instrumental, se controla el tiempo de vuelo y se calcula la altura alcanzada por el centro de gravedad, en los siguientes saltos:

a) *Squat Jump (SJ).* Consiste en realizar un salto desde una flexión, flexión de rodillas de 90° aproximadamente, sin contra-movimiento previo. En este tipo de saltos solo se produce un ciclo de acortamiento muscular.
b) *Countermovementjump (CMJ).* Consiste en realizar un salto con la actuación del ciclo estiramiento-acortamiento. La diferencia con el SJ reside en el aprovechamiento de la energía elástica producida durante el ciclo de estiramiento-acortamiento.
c) *DropJump.* Consiste en realizar un salto tras dejarse caer desde cierta altura. La secuencia del ejercicio requiere, la recepción del impacto de caída, estiramiento muscular y por último el acortamiento muscular de la fase concéntrica.
d) *AbalakovJump (ABKJ).* Es una prueba en la que la acción de saltar se realiza gracias al ciclo estiramiento – acortamiento. Puesto que el contramovimiento hacia abajo se realiza con una aceleración muy modesta y los extensores se activan sólo en el momento de la inversión del movimiento, se puede afirmar que el estiramiento de los elementos y la sucesiva reutilización de energía elástica se hallan presentes, y que el incremento del rendimiento respecto al *squatjump* es debido al aprovechamiento del reflejo miotático (factor de tipo coordinativo).

Procedimiento para el análisis de la potencia

La investigación se realizó en una población de jugadores de básquetbol categoría cadete y juvenil de Nuevo León, el número de jugadores del estudio son 16 (equipo completo de preparatoria) la duración del programa tuvo una duración de 12 semanas. Se introdujo un nuevo diseño de trabajo de fuerza en la planificación, que inicialmente debía cumplir dos exigencias: a) ajustarse a la planificación de trabajo programado para el equipo y b) adecuarse a las necesidades de la investigación.

a) *Análisis de la planificación (macrociclo) del equipo.* Para adecuar el diseño del nuevo trabajo, a la planificación del equipo, se inició con un macrociclo programado para el semestre agosto-diciembre 2012 del equipo juvenil de básquetbol selección Nuevo León.

El macrociclo programado (tabla 14) correspondía con el plan típico para este deporte, una periodización doble, con cuatro periodos de preparación.

1. *Periodo Preparatorio.* En cual está dividido en dos fases: periodo de preparación general y periodo de preparación especial.

2. *Periodo Competitivo.* En cual se toma en cuenta la competencia fundamental, y en esta etapa en términos de preparación física donde el objetivo es mantener los niveles de fuerza adquirida para la temporada de competencia.

3. *Periodo intermedio.* Periodo de trabajo de fuerza recordatorio, centrado en la mejora de la fuerza máxima y su rápida transición a la potencia o fuerza explosiva.

4. *Periodo transitorio.* Fase en la cual se contempla un descanso para los atletas y donde no hay aplicación de cargas de entrenamiento por ser un periodo vacacional (últimas semanas de diciembre).

Tabla 114. Evolución del trabajo de fuerza en función del periodo específico dela temporada.

Periodos	General	Especifico	Competencia 1	Intermedio	Competencia 2
Programa de fuerza	F. Max. (Hiper./Nerv) (Nivel 1 pliom)	Potencia (Anis./Pliom)	F. – Res. (intermitencia)	F. Máx./ Potencia	F. – Res.

Las características del entrenamiento a lo largo del macrociclo las podemos observar en la tabla 15, considerando la descripción de las fases a trabajar.

1. ***Primera fase.*** Durante la primera fase (periodo de preparación general) tuvo una duración de 7 semanas, los sujetos desarrollaron un trabajo de fuerza con la metodología propuesta por Anselmi (2009) para deportes de conjunto. Cabe señalar que los sujetos de la investigación por su procedencia educativa (colegios locales de Monterrey) no tenían experiencia con trabajos de sobrecarga (pesas) e iniciación de pliometría nivel 1, por lo cual se dedicaron varias semanas al aprendizaje de la técnica y conocimiento de los distintos ejercicios propuestos. Podríamos decir que esta etapa fue un entrenamiento de base. Al finalizar dicha fase se realizó un test para conocer el estado y asimilación de las cargas propuestas.

2. ***Segunda fase.*** En la segunda fase (periodo de preparación especial) tuvo una duración de 7 semanas, los sujetos de la investigación continuaron con su entrenamiento. Además que los tiempos de entrenamiento en cancha ya se concentró de manera formal con dos horas diarias para el equipo completo. Como en la fase anterior, al finalizar esta fase, se realizó un test de sobrecarga y de los distintos test en cancha ya mencionados anteriormente.

3. ***Tercera fase.*** En la tercera fase (periodo competitivo) tuvo una duración de 6 semanas, que correspondían a las competencias estatales de CONADEIP, se continuo con el entrenamiento, cabe mencionar que en esta fase su principal objetivo era la mantener los niveles de fuerza. Es este fase al inicio se realizaron test de la fuerza, y de la potencia en el tren inferior.

Tabla 125. Fase de investigación y aplicación de test.

Primera fase	Segunda fase	Tercera fase
Preparación general (7 semanas)	Preparación especial (7 semanas)	Periodo competitivo (6 semanas)
Entrenamiento Anselmi (Introducción + Pliometría nivel 1)	Entrenamiento Anselmi (sobrecarga + pliometría nivel 2)	Entrenamiento Anselmi (sobrecarga + intermitencia)
Test 1 al inicio	Test 2 al inicio	Test 3 al inicio

Durante la primera fase que corresponde al periodo de preparación general (figura 5) en el programa de entrenamiento Anselmi, esta fue la distribución de la carga con respecto a la intensidad de trabajo, debemos tener en cuenta que el grupo de la investigación no tenía experiencia en trabajos de sobrecarga. El tipo de relación es de 3-1 tres semanas de incremento por una semana de recuperación.

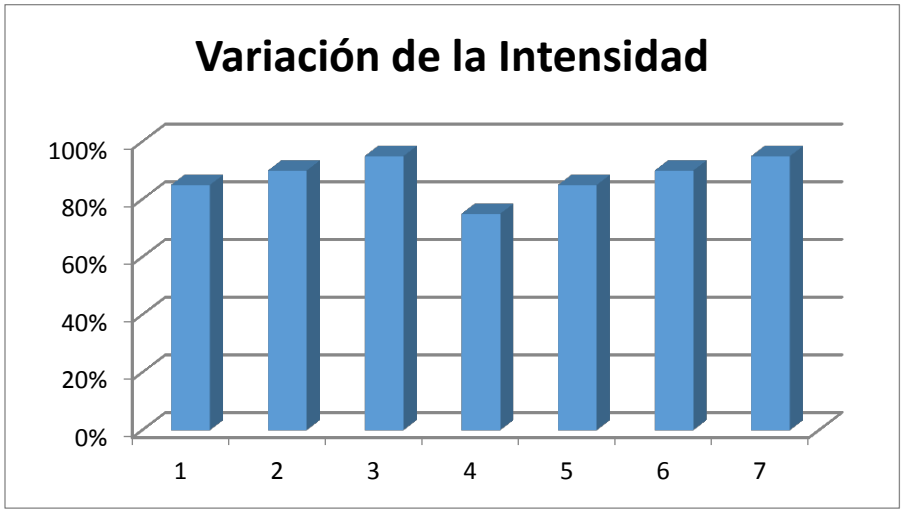


Figura 5. Comportamiento de la intensidad en el mesociclo de preparación general y su relación trabajo-descanso.

Durante la segunda fase que corresponde al periodo de preparación especial (figura 6) en el programa de entrenamiento Anselmi, esta fue la distribución de la carga con respecto a la intensidad de trabajo. El tipo de relación es de 3-1 tres semanas de incremento por una semana de recuperación.

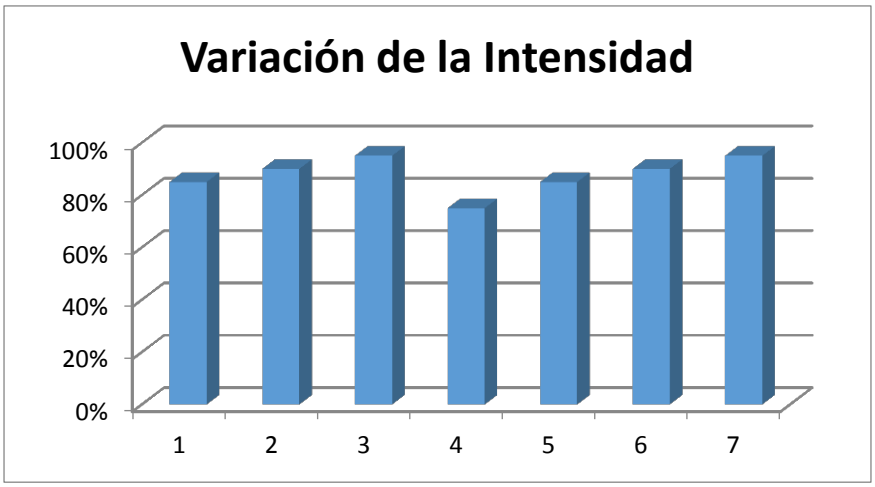


Figura 6. Comportamiento de la intensidad en el mesociclo de preparación especial y su relación trabajo-descanso.

Durante la tercera fase que corresponde al periodo competitivo (figura 7) en el programa de entrenamiento Anselmi, y donde el objetivo principal es mantener los niveles de fuerza adquiridos en las dos fases anteriores, podemos ver una relación de trabajo-descanso de 1-1, es decir, una semana de incremento en la intensidad por una semana de baja intensidad para lograr la supercompensación.

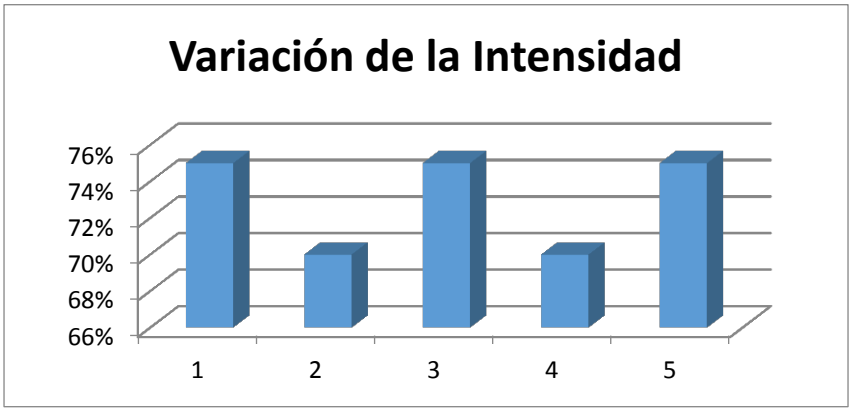


Figura 7. Comportamiento de la intensidad en el mesociclo competitivo y su relación trabajo-descanso.

En lo que corresponde a los microciclos (tabla 16) se presenta la descripción de la estructura básica en las sesiones de entrenamiento. A partir de esta esta estructura básica se realizaron las modificaciones oportunas en función de los test o ejercicios a realizar en las diferentes fases o periodos de entrenamiento.

Tabla 16. Estructura del microciclo periodo preparación general.

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Sobrecarga 1	Sobrecarga 1	Intermitente	Sobrecarga 2	Sobrecarga 2
Pliometría 1				Pliometría
Tec-Tac	Tec-Tac	Tec-Tac	Tec-Tac	Tec-Tac

Los trabajos de sobrecarga están divididos en dos (1-2) los cuales corresponden a los días en que están divididos los días para el entrenamiento de la fuerza. Hay que señalar que se trabajó dos sesiones para la parte superior y dos para la parte inferior. Así como pliometría de bajo impacto o nivel 1 para la adaptación neuromuscular a este tipo de trabajos, y una sesión de intermitente para introducción y conocimiento de los ejercicios y estructura. Para la segunda fase o periodo de preparación individual se siguió la siguiente propuesta de trabajo presentada en la tabla 17.

Tabla 137. Estructura del microciclo de preparación especial.

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Sobrecarga 1	intermitente	Sobrecarga 2	Intermitente	Sobrecarga 3
Pliometría 1		Pliometría 2		Pliometría 3
Tec-Tac	Tec-Tac	Tec-Tac	Tec-Tac	Tec-Tac

Como podemos observar los trabajos de sobrecarga se redujeron a tres veces por semana, en donde se orientó el entrenamiento de manera general, es decir ya no se dividió la parte superior e inferior, sino que fue de manera global donde se combinaron inferior y superior.

Los trabajos pliométricos constan de tres entrenamientos semanales con la finalidad de aumentar el volumen y estos fueron planteados de forma general.

Para la tercera fase o periodo competitivo (tabla 18) el microciclo se estructuro de la siguiente forma y el objetivo era el de mantener los niveles de fuerza adquirido en la fases anteriores, se realizó una orientación hacia los trabajos de intermitencia planteados para que los deportistas sean capaces de mantener en el tiempo la capacidad de ejecutar gestos explosivos.

Tabla 148. Estructura del microciclo fase tres o periodo competitivo.

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
intermitente	Sobrecarga 1	intermitente	Sobrecarga 2	Intermitente
	Pliometría 1		Pliometría 2	
Tec-Tac	Tec-Tac	Tec-Tac	Tec-Tac	Tec-Tac

En la figura 8 podemos apreciar el trabajo realizado a lo largo del macrociclo y el comportamiento de las cargas trabajadas, así como la calendarización de las competencias y los test realizados.

PLANIFICACION GRAFICO PREPA TEC 2012 (Juvenil C)

MES	Junio				Julio				juli/Ago						Septiembre				Octubre						Noviembre				Diciembre			
FECHAS	04 al 29				02 al 28				31 J al 31 A						03 al 28				01 al 31						01 al 30				03 al 28			
SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
TEST	X						X								X						X											
PERIODOS	P. PREPARACION GENERAL								P. Preparación Especial						Competitivo 1						Intermedio				Comp. 2							
PARTIDOS																																
PREP. FISICA																																
PREP. TECNICA																																
PREP. TACTICA																																
PERIODO FUERZA	Adapt.		F. Máx. + Plio. 1						F. Máx+Plio 2			F. Máx + Plio 2			F-R (Intermitencia)						Máx - Potencia				F-R (Inter)				Transito			
CARGA	70%	80%	75%	85%	80%	90%	85%	85%	90%	95%	75%	85%	90%	95%	75%	70%	75%	70%	75%	70%	85%	90%	95%	75%	70%	70%	70%	50%	50%	20%	20%	

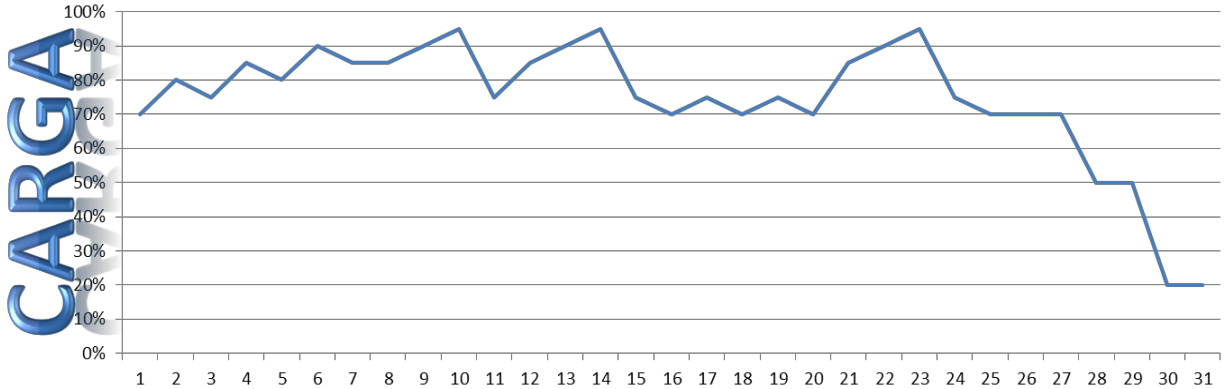


Figura 8. Representación gráfica del macrociclo de entrenamiento.

Test utilizados para la evaluación de jugadores.

Aun y cuando se presenta la estructura del microciclo, debemos mencionar que esta se modificó de acuerdo a los juegos programados de la competencia, en los días de partido no se programó ningún tipo de entrenamiento y se aplicaba trabajos de sobrecarga o pliometría con un mínimo de 48 horas para garantizar una recuperación neuromuscular (Gómez, 1996).

Test 1. Salto vertical o *Vertical powerjump (Foran, 2003).*

El test de salto vertical es un recurso de valoración de la capacidad de salto sencillo, fácil de realizar y altamente repetible, con lo cual se puede monitorizar y comparar el rendimiento del jugador contra de sí mismo. Su resultado se dimensiona en centímetros y por su bajo costo energético no tiene implicaciones en el rendimiento de jugador.

El objetivo del test es la medición de potencia de las piernas en un salto vertical.

Test 2. Máximum Vertical Jump (*Foran, 2003*) (salto máximo con carrera).

Test 3. Lane agility *(Sigmon, 2005; Foran, 2003).*

Es un test de agilidad para jugadores de básquetbol, es una prueba de velocidad, control del cuerpo, y habilidad para cambiar de dirección.

Test 4. Sprint ¾ de Cancha (*Foran, 2003).*

Es una evaluación que mide la velocidad máxima específica en jugadores de básquetbol.

Los datos registrados en cada uno de los diferentes test utilizados, se almacenaron en hojas de Excel 2010 de Microsoft. Posteriormente, se realizó el tratamiento estadístico, exportando los datos de la hoja Excel al paquete estadístico SPSS versión 17.

Se determinaron las estadísticas descriptivas (media, desviación estándar, mínima y máxima), así como el análisis de la varianza (JI CUADRADA) para la comparación de los promedios de cada test entre las tres evaluaciones.

Análisis del programa de entrenamiento

En la tabla 19 se muestran los resultados obtenidos para el test de salto vertical de los jugadores evaluados, así como la media a nivel de grupo. Los resultados obtenidos se muestran en función de la fase en la que fueron tomados, en el diseño del macrociclo y aplicación de los test de control.

Tabla 19. Descripción de los resultados del salto vertical

	N	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Salto vertical 1	16	2.9000	.12806	2.70	3.07
Salto vertical 2	16	2.9056	.12780	2.70	3.09
Salto vertical 3	16	2.9181	.12818	2.70	3.10

Salto vertical 1 corresponde a la evaluación inicial, Salto vertical 2 corresponde a la evaluación intermedia, y Salto vertical 3 corresponde a la evaluación final del macrociclo.

El baloncesto es un deporte intermitente en el que se combinan acciones de intensidad leve, moderada y alta y por tanto el metabolismo aeróbico y anaeróbico se presentan conjuntamente(Blanco y De Brito, 2003). Una de las acciones más determinantes durante la competición es la capacidad de salto, dado que es utilizada por los jugadores para ejecutar, a su vez, diferentes situaciones específicas del juego como tirar o entrar a canasta, sugiriéndose así, que dicha expresión de la fuerza es un factor principal en el éxito en este deporte. Por ello, el entrenamiento del salto vertical en el jugador de baloncesto es una cuestión determinante en el rendimiento final del juego.

La capacidad del jugador para saltar lo más alto posible y en el momento preciso es una cuestión fundamental en las diferentes acciones específicas del juego como los rebotes, los tapones o los lanzamientos en suspensión. El salto vertical muestra una diferencia sig-

nificativa (p<.018) en nuestros resultados, no siendo así en el estudio de Vaquera, Rodríguez, Hernández y Seco (2003) en el cual no se encontraron diferencias en la altura alcanzada, sin embargo cuando se analizo por posición veían que los pivots eran los que mostraban los valores mas bajo.

Tabla 150. Descripción de los resultados Salto con carrera

	N	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Salto carrera 1	16	2.9713	.12945	2.75	3.15
Salto carrera 2	16	3.0063	.12987	2.80	3.21
Salto carrera 3	16	3.0744	.10714	2.82	3.21

Salto carrera 1 corresponde a la evaluación inicial, Salto carrera 2 corresponde a la evaluación intermedia, y Salto carrera 3 corresponde a la evaluación final del macrociclo.

En el caso de salto con carrera (tabla 20) se encontró una diferencia altamente significativa (p< .000) entre todas las evaluaciones del test referido debemos señalar que es un movimiento específico de básquetbol, en donde se utiliza un ciclo excéntrico-isométrico-concéntrico (fuerza elástica reactiva) ya que se utiliza con bastante regularidad en situaciones de juego dentro de un partido, y es de suma importancia el desarrollo de este gesto técnico para el rendimiento del jugador de básquetbol de alto nivel deportivo.

Tabla 161. Descripción de los resultados carrera ¾ cancha

	N	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Carrera 3/4 cancha 1	16	3.3594	.14196	3.13	3.69
Carrera 3/4 cancha 2	16	3.2763	.15539	3.08	3.70
Carrera 3/4 cancha 3	16	3.2475	.13611	3.07	3.54

Carrera ¾ 1 corresponde a la evaluación inicial, Carrera ¾ 2 corresponde a la evaluación intermedia, y Carrera ¾ corresponde a la evaluación final del macrociclo.

En la tabla 21, se muestran los resultados obtenidos para el test de carrera ¾ de los jugadores evaluados, así como la media a nivel de grupo. Los resultados obtenidos se muestran en función de la fase en la que fueron tomados, en el diseño del macrociclo y aplicación de los test de control.

En el caso de test con carrera ¾ la cual es una prueba de máxima velocidad y muestra una diferencia significativa (p< .000) entre todas las evaluaciones, tomando en cuenta que este tipo de acciones tienen un porcentaje bajo de aparición en el juego. En relación a este resultado en el estudio de Vaquera, Rodríguez, Hernández y Seco (2003) no se encontraron diferencias en el tiempo emplado para cubrir una distancia de 20 metros a velocidad, sin embargo, nos menciona que en relación a la posición los más jugadores más lentos corresponden a la posición de postes o bases. Es una capacidad del jugador de básquetbol que permite sacar ventaja a sus oponentes en ciertas acciones del baloncesto, y cabe recalcar que esta capacidad va en relación al estilo de juego de cada equipo y entrenador.

Tabla 172. Descripción de los resultados agilidad cuadro

	N	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Agilidad cuadro 1	16	12.6319	.72520	11.51	13.94
Agilidad cuadro 2	16	12.1575	.68346	10.99	13.30
Agilidad cuadro 3	16	11.9544	.70875	10.86	13.20

Agilidad cuadro 1 corresponde a la evaluación inicial, Agilidad cuadro 2 corresponde a la evaluación intermedia, y Agilidad cuadro 3 corresponde a la evaluación final del macrociclo.

En la tabla 22, se muestran los resultados obtenidos para el test de agilidad con una diferencia significativa ($p < .000$). Este test evalúa el cambio de dirección del cuerpo en el menor tiempo posible, es la habilidad física que permite a los individuos acelerar y desacelerar, con rapidez y eficiencia, cambiar de dirección, en un esfuerzo por reaccionar de manera apropiada a las señales relevantes para la actividad todas aquellas que se manifiestan en la cancha, ya sea desde la ofensiva o defensiva.

De esta manera, la agilidad como factor de desempeño de un deportista, es un componente importante por sus implicaciones en la dinámica misma del juego de baloncesto: cambios de velocidad, carreras cortas de alta intensidad, cambios de dirección, saltos y movilidad variada frente a diversas situaciones. Por tanto, es una necesidad identificar su importancia y los recursos de reconocimiento y evaluación.

Aportaciones prácticas para el entrenamiento .

El entrenamiento con sobrecarga y pliométrico son dos métodos adecuados para la mejora del rendimiento de la potencia de las extremidades inferiores. Por ello, algunos científicos han propuesto que la combinación de ambos métodos podría incluso incrementar las mejoras comparado con la aplicación por separado, aunque otros no han observado tales aumentos del rendimiento. En general, este tipo de entrenamiento consiste en la realización de series de un ejercicio tradicional de sobrecarga, seguido de ejercicios de potencia con características biomecánicas similares. En relación a los efectos agudos, se han sugerido mejoras del rendimiento en acciones de tipo explosivo después de la aplicación de ejercicios de sobrecarga con altos % del 1RM, posiblemente debido al fenómeno conocido como potenciación post-activación, cuyo principal mecanismo fisiológico es la fosforilazión de las cadenas ligeras de la miosina.

El trabajo basado en el ciclo de estiramiento-acortamiento (potencia), los jugadores del equipo juvenil de básquetbol, han incrementado su potencia, tanto en salto con carrera, salto vertical, agilidad cuadro y carrera ¾ de cancha de manera estadísticamente significativa.

- En deportistas de elite, el método complejo (sobre-carga + pliometría) junto con el entrenamiento específico, podría ser el estímulo óptimo de entrena-miento para mejorar la capacidad de salto.
- Con respecto al entrenamiento con sobrecargas, tanto la utilización de % cercanos al 1RM, como % intermedios podrían tener la capacidad de producir mejoras en la fuerza y potencia, no obstante, la intencionalidad del deportista, sea cual sea la carga a movili-

zar, debe ser intentar mover la carga a la máxima velocidad. Por ello, una combinación de diferentes % de intensidad podría ser lo más adecuado.

- En relación al entrenamiento pliométrico, es posible que cargas que impliquen manifestaciones de fuerza elástico-explosivas y reflejo elástico explosivas con-lleven mayores mejoras en la potencia de las extremidades inferiores.

La estructura de juego del baloncesto como deporte intermitente de alta intensidad contribuye a que la condición física del jugador durante un partido se deteriore progresivamente. Las acciones de alta intensidad son fundamentales y pueden marcar la diferencia entre el éxito y fracaso. Una de estas acciones es el salto vertical, que a su vez interviene en diversas secuencias ofensivas y defensivas. A medida que transcurre el juego, el deportista lleva a cabo un menor número de acciones de este tipo, además de mostrar menores alturas de salto. Por todo ello, un aspecto fundamental a tener en cuenta es la propuesta de medios y métodos de entrenamiento adecuados, que permitan mejorar no sólo la capacidad máxima de salto, sino también la resistencia a la fuerza explosiva de las extremidades inferiores, con el fin de que los jugadores puedan mantener esta capacidad el mayor número de minutos posible durante la competición.

Futuros estudios deberían prestar su atención en identificar cuáles son los mecanismos fisiológicos subyacentes por los cuales la capacidad de salto se deteriora durante la competición, profundizar en el conocimiento de las diferencias en la capacidad de salto en función del puesto, validar protocolos de test de salto relacionados con acciones específicas. Con todo ello, se podrían diseñar protocolos de entrenamiento de la capacidad de salto eficaces que provoquen adaptaciones específicas en jugadores de baloncesto.

Referencias

1. Anselmi, H. (2009). *Claves para el desarrollo de la potencia.* Editorial Horacio Anselmi, Argentina.
2. Binkley, H. (2004). Strength, Size or Power? *NCSA Performance Training Journal,* 1(4).
3. Blanco, J. y De Brito, J.C. (2003). Respuestas fisiológicas durante el juego de baloncesto en pre-adolecentes y adolescentes. *Archivos de medicina del deporte, 20; 96.*
4. Bompa, T. (2000). *Periodización del entrenamiento deportivo. (Programas para obtener el máximo rendimiento en 35 deportes)* Editorial Paidotribo. Barcelona.
5. Bompa, T. (2005). *Periodización dela fuerza. La nueva onda en el entrenamiento deportivo.* Editado en versión digital Grupo sobreentrenamiento en www.sobreentrenamiento.com
6. Bosco, C. (2000). *La fuerza muscular. Aspectos metodológicos.* Editorial Inde. Barcelona.
7. Bosco, C. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco.* Paidotribo, España.
8. Calleja, J; Lekue, J; Lejarreta, M.; Leibar, X. (2002). Desarrollo de la velocidad en jóvenes jugadores de Baloncesto. *II Curso de Especialización de la Preparación Física en Baloncesto de Formación y Alto Nivel.* Madrid. INEF de Madrid.
9. Cometti, G. (1988). *Bases científicas de la musculación moderna.* (RED) *Revista de entrenamiento deportivo.*
10. Cometti, G. (1997). *La pliometría.* Inde, Barcelona, España.
11. Cometti, G. (1998). *Los métodos modernos de musculación.* Editorial, Paidotribo.
12. Cometti, G. (2002). *Preparación física en el baloncesto.* Editorial, Paidotribo, España.
13. Davies, G.J. y Matheson, J.W. (2001) *Shoulder Plyometrics. Sports medicine and arthroscopy review. Jan/Mar, 9(1).*
14. Ebben, W.P y Watts, P.B (1998). A review of combined weight training and plyometric modes training.*(NSCA) Strength and Conditioning. October. 18.*
15. Foran, B., Pound, R. (2003). Complete Conditioning Coaches Association. *Human Kinetics. United States.*
16. García, J., Paleteiro, J., Rodríguez, J.A Morante, J.C y Villa, J.C. (2003). Validación biomecánica de un método para estimar la altura de salto a partir del tiempo de vuelo. *Archivos de Medicina del Deporte, 20.*
17. García, J.M., Navarro, M. y Ruíz, J.A (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicación.* Editorial Gymnos, Madrid.
18. Goméz-Carriñana, M.A. (1996). Bases fisiológicas para mejorar la fuerza y su aplicación al trabajo pliométrico. *(RED) Revista de entrenamiento deportivo, Tomo X, (2).*

19. Gusi, N., Marina, M., Nogues, J., Valenzuela, A., Nácher, S. y Rodríguez, F.A. (1997). Validez comparativa y fiabilidad de dos métodos para la valoración de la fuerza de salto vertical. *Apunts Médicina Deportiva, 32.*
20. Knuttgen, H.G, y Kraemer, W.J. (1987). Terminology and measurement and exercise performance, *(NSCA) Journal of strength and Conditioning Research*, 18(3).
21. Kraemer, W.J. y Newton, R.U. (1994).Training for improved vertical jump. Gatorade sports science Institute, 7(6).
22. Kraemer, W.J., Nindl, B.C., Ratamess, N.A., Gotshalk, L.A, Volek, J.S, Fleck, S.J., Newton, R.U. and Hakkinen, K. (2004).Changes in muscle hypertrophy in women with periodized resistance training. *Medicine and science in sports and conditioning Research, 14(3).*
23. Kuznetsov, V.V (1979). Metodología del desarrollo de las cualidades de velocidad fuerza de los deportes cualificados. *Cuadernos de atletismo. Acondicionamiento físico y deportivo. No. 9.*
24. López, J.L., Grande, I., Meana, M. y Aguado, X. (1999). Análisis de la reproductividad en tres test de salto con plataforma de fuerzas y de contactos. *Apunts de educación física y deportes, 58.*
25. Van Den Tillar, R. (2004).Effect of different training programs on the velocity of overam throwing. A brief review. *(NSCA) Journal of strength and Conditioning Research*, 18(2).
26. Vaquera, A., Rodríguez, J. A., Hernández, J., & Seco, J. (2003). Comparativa entre la fuerza explosiva del tren inferior y la velocidad en jugadores profesionales de baloncesto. In *The Proceedings of the II Congreso Ibérico de Baloncesto: La Formación y el Rendimiento en Baloncesto. Universidad de Extremadura. Cáceres*.
27. Vaquera, A., Rodríguez, J. A., Villa, J. G., García, J., & Ávila, C. (2010). Cualidades Fisiológicas y Biomecánicas de Jugador Joven de Liga EBA. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, *9*.

Biotipo de jugadoras de balon mano

Rosa Isela Ramos Andrade, Germán Hernández Cruz,
Ricardo López García y Jeanette Magnolia López Walle

Introducción

El número de trabajos e investigaciones publicadas a nivel internacional con población de balonmano es escaso a diferencia de otros deportes, la mayoría de las publicaciones están basadas en la obtención del perfil antropométrico o biotipo. Dentro de los estudios sobre balonmano encontramos algunos basados en la antropometría (Bayios, 2006) donde se analizan los somatotipos, perfiles antropométricos y composición corporal de jugadoras de baloncesto, voleibol y balonmano. Los resultados muestran que las jugadoras de balonmano se caracterizan por ser las más bajas de todas y con el porcentaje más alto en grasa corporal siendo su somatotipo mesomorfo-endomorfo.

En otro estudio (Giordani, 2005) se llagó a la conclusión de que la morfología corporal es un criterio que puede resultar importante para el rendimiento de los atletas. Puesto que encuentran en jugadores de balonmano brasileños, diferencias en función de la posición, siendo las diferencias más claras en el caso de posición ofensiva, los extraños son los más pequeños coincidiendo con el hecho de ser los más rápidos y ágiles. En cuanto a la posición defensiva los centrales son los jugadores más grandes. En general, los jugadores que se sitúan en las zonas centrales presentan una mayor envergadura que los extremos.

Siguiendo por la línea de la antropometría Srhoj, Marinovic y Rogulj (2002) identificaron 5 perfiles antropométricos que corresponden con las posiciones de los jugadores de balonmano en el terreno de juego. En esta línea de investigación, determinaron las características morfológicas de los jugadores sénior. Analizando sus especificidades y las posiciones de juego (primera línea, extremos, pivotes, porteros). Se obtuvo un cuerpo atlético mesomórfico con un marcado esqueleto longitudinal. Los jugadores de segunda línea y los porteros son superiores en términos esqueléticos y de circunferencias. Los extremos y pivotes son menos longitudinales, pero un poco más voluminosos y la mayor cantidad de grasa diferencia los pivotes de otros jugadores. Hay más homogeneidad entre los perfiles morfológicos de los jugadores de primera línea que los de segunda y porteros. Se abre una nueva vía en este sentido, seleccionando a los jugadores por sus perfiles morfológicos, para que sean compatibles con la especificidad de la posición que ocupen en el campo.

En España (Ruiz, 2001) se estudió la relación entre la somatología de las jugadoras de balonmano y su posición específica dentro de la cancha. Los resultados indican que para la posición de portera las medidas son muy heterogéneas, encontrando muchas diferencias entre los extremos y el resto del equipo. En sintonía con el anterior estudio, estos autores defienden la realización de controles de tipo antropométrico para distribuir a las jugadoras por el terreno de juego en función de sus características.

Por parte, el rendimiento físico-técnico dentro del balonmano, realmente existen pocas investigaciones, una revisión realizada por García (2007) se menciona que en busca de maximizar el rendimiento en el deporte, optimizado el proceso de perfeccionamiento de

los jugadores, se encuentra la línea de estudio que se centra en la detección y selección de talentos. Donde explica que la excelencia de un deportista viene determinada no sólo por la genética, también influye los elementos del entrenamiento, de su entorno, en un proceso formativo hasta alcanzar la elite. Por lo cual, su intención fue encontrar parámetros que puedan predecir el talento en jugadores de balonmano, donde en este tipo de estudio la antropometría ha sido muy utilizada, partiendo de aspectos como: el sexo de los deportistas, la modalidad deportiva, el país de origen, la posición de juego, para establecer perfiles antropométricos que determinen la excelencia deportiva.

Dentro del grupo de investigaciones fueron evaluadas las habilidades motrices básicas y las capacidades psicológicas para poder conocer cuáles de ellos marcan la excelencia en este deporte, aportando a la perspectiva biomédica, elementos físicos, cognitivos, contextuales, como influyentes en el proceso formativo. La intención de esta revisión es contar con test, parámetros que permitan identificar el talento de los jóvenes deportistas, lo que beneficiará su proyección futura en el deporte. Lo que debe ir unido al resto de otras investigaciones que analizan los demás elementos influyentes en el proceso formativo de los jugadores.

Según Sáenz-López (2006) en su línea de estudios muestran cómo se centran en identificar cuáles son los aspectos o elementos que más influyen en la evolución y desarrollo de los deportistas, en función de la modalidad deportiva, de las características genéticas, ambientales y del proceso de entrenamiento desarrollado. Continuando con esta misma línea de estudio desarrollada por Sáenz-López (2005) profundiza en los predictores del rendimiento deportivo desde los ámbitos: físico, psicológico, sociológico, técnico y táctico. El desarrollo de los jugadores debe considerarse como un proceso a largo plazo. Los jóvenes deportistas que son identificados como talentos para el deporte, además de estar genéticamente predispuestos para este, deben de tener un proceso de formación adecuado. Llegando a la conclusión de que es necesario crear protocolos para la detección de talentos desde un enfoque multifactorial con el objetivo de desarrollar este talento para el futuro deportista.

Para la evaluación del talento en el balonmano además de la antropometría se han utilizado otros parámetros (Srhoj, 2006) evaluaron las habilidades motrices básicas como determinantes del rendimiento en balonmano femenino e idearon un test para la primera detección en la edad escolar. Los resultados concluyen que las jugadoras que llevan más años jugando puntúan más alto en las siguientes variables: coordinación del brazo, coordinación general, lanzamientos y saltos explosivos, movimientos repetitivos del brazo y habilidades motrices basadas en la coordinación, fuerza explosiva y velocidad. De estos datos se desprende que se puede utilizar otro modelo para la selección de talentos en balonmano, siendo la coordinación fina del brazo el factor limitante de rendimiento más destacado.

Para Lidor (2005) los test de habilidades específicas son el mejor indicador para la detección de talentos. Estos autores abren una nueva línea de investigación centrada en destacar la utilidad de los test específicos para la valoración de habilidades y capacidades cognitivas. Con lo que se apartan un poco de la perspectiva biomédica, centrándose en los aspectos cognitivos.

Tras el análisis de la literatura especifica de su revisión García (2007), menciona que uno de los tópicos más estudiados para la detección y selección de talentos, en un deporte como el balonmano, es la antropometría de los jugadores, ya que se deben tener en cuenta ciertos factores antropométricos determinantes para llegar a la elite en balonmano. Uno

de los puntos más importantes es el tamaño del cuerpo y la envergadura, ya que permiten realizar un buen lanzamiento, gracias a una mayor aplicación de fuerza isométrica por parte del sujeto, tanto en mujeres como en hombres. Aunado a ello, es muy relevante el somatotipo de un deportista, el cual debe de ser homogéneo, mostrando morfologías esbeltas y atléticas. Así mismo se determina que en este deporte se adopta una perspectiva tradicional en cuanto al tema del rendimiento deportivo, centrando los procesos de formación en características como antropométricas, y olvidando el resto de elementos que influyen en el proceso de formación y perfeccionamiento de los deportistas.

Sugiriendo que las características físicas y fisiológicas no predicen satisfactoriamente el éxito, recomendando tener en cuenta tanto las características fisiológicas, como educacionales y sociológicas.

Por lo tanto, para finalizar en la detección y selección del talento es necesaria la utilización de pruebas que abarquen todos los ámbitos del deportista. Esto debe ser complementado con una adecuada planificación del proceso de formación desde una perspectiva multifactorial que evite que se pierdan talentos por un proceso inadecuado.

Por lo que nuestro estudio se realizó con el propósito de conocer el rendimiento deportivo con sus variables físicas, antropométricas y técnicas de las jugadoras representativas de balonmano de la Universidad Autónoma de Nuevo León y del Instituto Superior de Educación Normal del Estado de Colima, con la intención de encontrar detonantes que puedan mejorar su rendimiento deportivo en cualquier competencia, así como en la Universiada Nacional, donde los dos estados son favoritos para la obtención de medalla. Cabe resaltar que los dos representativos de estas universidades cuentan con un número importante de jugadoras participantes en el selectivo nacional, lo que podrá mostrarnos un perfil deportivo de la jugadora de balonmano a nivel universitario de nuestro país.

El resultado de esta investigación beneficiará a las atletas de esta disciplina al conocer su rendimiento en las variables manejadas y poder emplear un mayor esfuerzo en el caso de requerirse, mientras que para el entrenador o el cuerpo técnico de cada institución servirá de apoyo para tener una mejor y amplia visión del nivel en el que se encuentra su equipo así como de los factores que deben ser trabajados desde el inicio de un ciclo competitivo hasta su etapa final, y por ende planear su ciclo de entrenamiento, para mejorar el rendimiento deportivo de las atletas para posteriores competencias.

Estudio de la composición corporal

Se trata de una investigación cuantitativa, transversal y descriptiva, debido a que se le dio un valor a los distintos factores a estudiar, se analiza con base a registros del rendimiento que comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes, o sobre una persona, grupo o cosa, el cual se conduce o funciona en el presente (Tamayo, 2003). En la cual se evaluaron a 12 jugadoras del equipo representativo de balonmano de la Universidad Autónoma de Nuevo León y 9 jugadoras del Instituto Superior de Educación Normal del Estado de Colima, los cuales fueron participantes y candidatos a la obtención de medalla en la competencia de Universidad Nacional, con un rango de edad de 19 a 26 años de edad (M= 21.71, DT= 2.05).

El procedimiento de la evaluación del rendimiento deportivo de las atletas constará en tres días de evaluación, realizándolo de la siguiente manera:

El día 1: Se llevará a cabo la evaluación de potencia de los miembros inferiores con el método del Axón Jump, donde se llevaran a cabo las prueba Squat Jump y Abalakov, mientras que los miembros superiores serán evaluados, con el test lanzamiento de balón medicinal a una mano (dominante), así mismo se evaluará la velocidad con el test de carrera máxima en velocidad en 30 metros. Iniciando los tres días con la evaluación de antropometría.

El día 2: Se dará paso a la segunda parte de la evaluación antropométrica y la segunda parte de las evaluaciones físicas que consta en el test de Sit and Reach para la flexibilidad, la prueba de slalom y el test de recogida de pelotas para la evaluación de la coordinación y agilidad. Durante este día también se hará la aplicación de pruebas técnicas que constara de dos pruebas, coordinación de dribbling (30 mts en línea recta) y coordinación de dribbling (42 mts con bote y cambio de dirección).

El día 3: Se finalizará con la última toma antropométrica, mientras que por la parte física, se evaluará la resistencia con la prueba de Course-Navette. Posterior a ello se analizaron los datos a través de estadística descriptiva para determinar la media y desviación estándar de las variables del estudio, todo ellos mediante el software SPSS V21.

Derivaciones de las mediciones

Resultados de Pruebas Físicas.

En la siguiente figura 1 se muestra el nivel de consumo máximo de oxígeno en el que se encuentran ambos selectivos, la cual nos indica que se encuentran en un nivel bueno, puesto que sus índices están en un rango de 38 a 48 ml/kg/min.

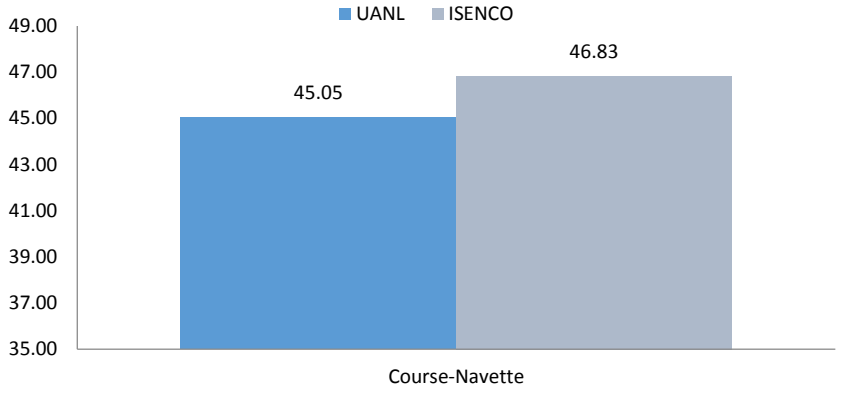


Figura 1. Valores de VO2Máx en prueba de Course-Navette.

Mientras que en las siguientes pruebas de velocidad en 30 metros (figura 2), el total de jugadoras muestra un nivel de regular a bueno.

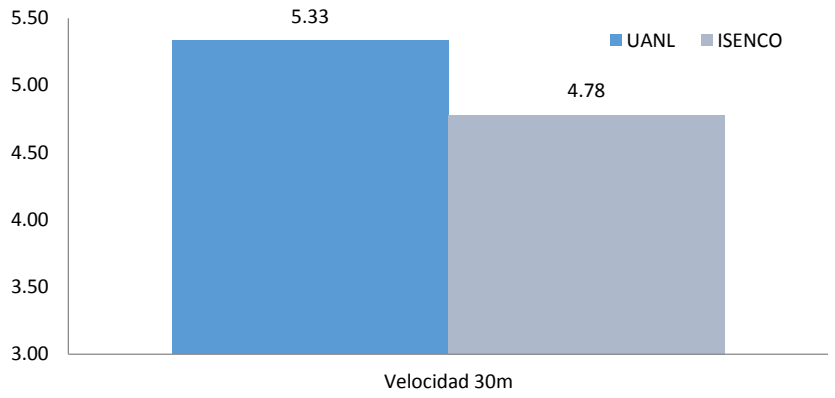


Figura 2. Test de Velocidad.

Con lo que respecta a los resultados obtenidos en el test de flexibilidad (figura 3) existe un resultado significativo entre los dos equipos, las jugadoras del equipo 1 muestra un nivel bueno, mientras que el equipo 2 refleja un nivel de malo a regular.

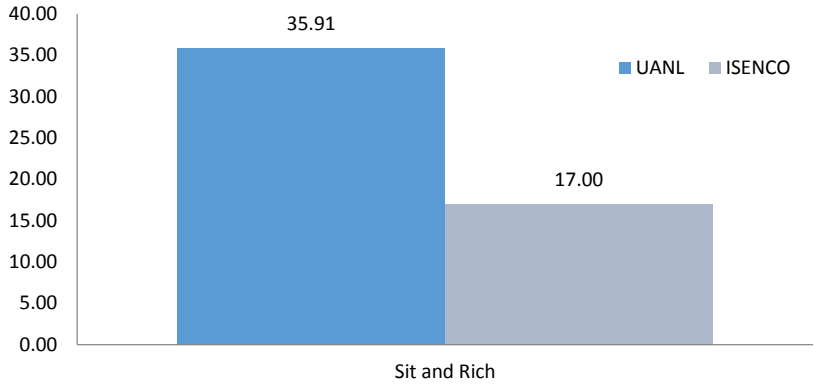


Figura 3. Test de Flexibilidad.

Respecto a los niveles que se presentan en esta figura 4, las jugadoras de ambos selectivos en la prueba de lanzamiento de balón medicinal mantienen un nivel de aceptable a bueno, mientras que en la fuerza en miembros inferiores ambos equipos se encuentran en nivel de bueno a excelente basando en la tabla de parámetros de la EUROFIT.

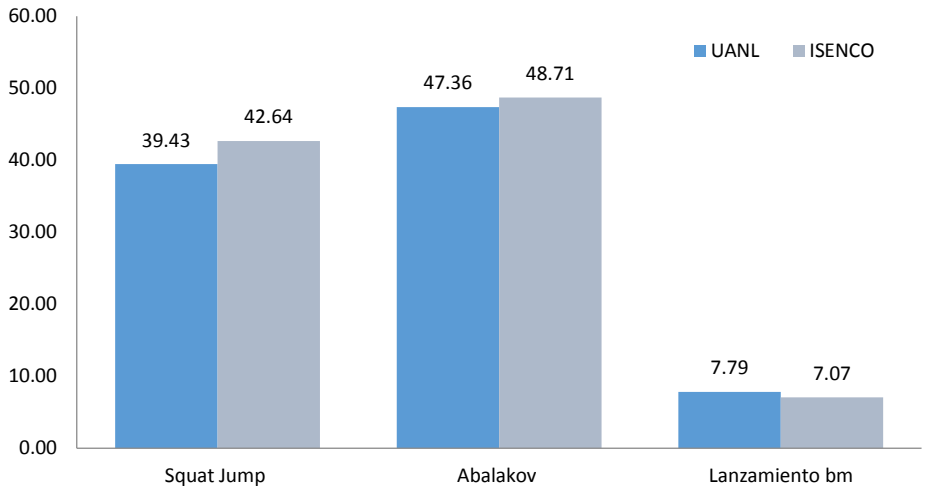


Figura 4.- Test de Squat Jump, Abalakov y lanzamiento de balón medicinal.

Dentro de las pruebas de agilidad y coordinación (figura 5) los resultados que presentan los dos selectivos es un nivel de bueno a excelente en la prueba de agilidad, de igual forma en el test de coordinación el nivel de ambos equipos son excelentes.

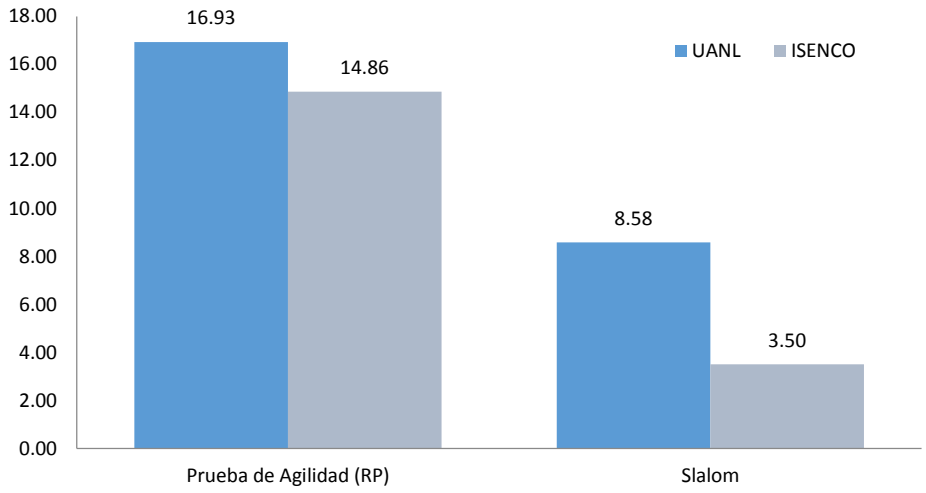


Figura 5. Test de Recogida de Pelotas y Slalom.

Pruebas técnicas de balón mano.

Por parte de las evaluaciones técnicas (figura 6) el nivel que presentan ambos equipos es bueno en ambos test manejando unos tiempos promedios de 8 a 8.30 en la primera prueba y un tiempo promedio de 18.86 a 18.96 para la segunda prueba.

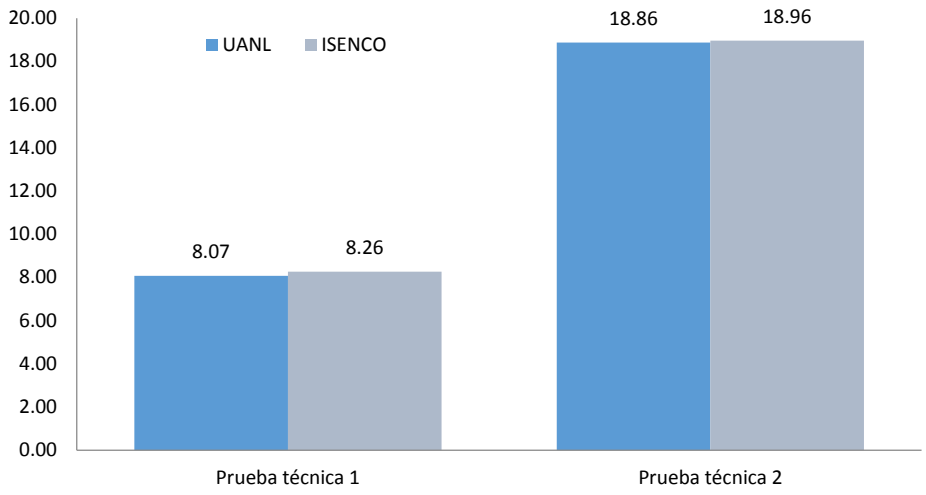


Figura 6. Pruebas Técnicas.

Evaluación antropométrica

Respecto a la parte de la composición corporal (tabla 1), se realizaron mediciones antropométricas a ambos equipos (equipo 1 y equipo 2), donde obtuvimos resultados de los 4 compartimentos del cuerpo humano (grasa, músculo, óseo y visceral) tanto en kilogramos como en porcentaje corporal. Aparte de las mediciones de la edad (años), estatura (cm), peso (kg) e IMC. Con los cuales se obtuvo la media y desviación estándar de cada variable.

Tabla 1.- Resultados de Variables por Equipo

	Edad, años	Estatura (mts)	Peso (Kg)	IMC	Masa Grasa %	Masa Muscular %	Masa Ósea %	Masa Viceral %	Masa Muscular /Ósea	Tejido Adiposo/ Muscular (Kg)
Equipo 1	21.67 ±1.78	1.63± 0.05	63.60 ±5.78	23.92 ±1.71	26.66 ±2.80	35.43 ±2.31	16.91 ±1.31	17.52 ±1.86	1.59± 0.26	0.76± 0.12
Equipo 2	21.78 ±2.49	1.64± 0.04	61.47 ±5.88	23.03 ±2.97	25.45 ±4.08	36.02 ±3.20	21.00 ±0.00	21.00 ±0.01	1.48± 0.38	0.72± 0.17

Nota: Los datos se presentan en media ± desviación estándar

Índice de masa corporal

Dentro de la variable de IMC (Índice de Masa Corporal), ambos selectivos presentan una media en su IMC de 23 con lo que podríamos decir que ambos equipo se encuentran en un parámetro de peso normal según OMS (2006) por lo que no tienen riesgo de presentar índices de bajo peso o sobrepeso (figura 7).

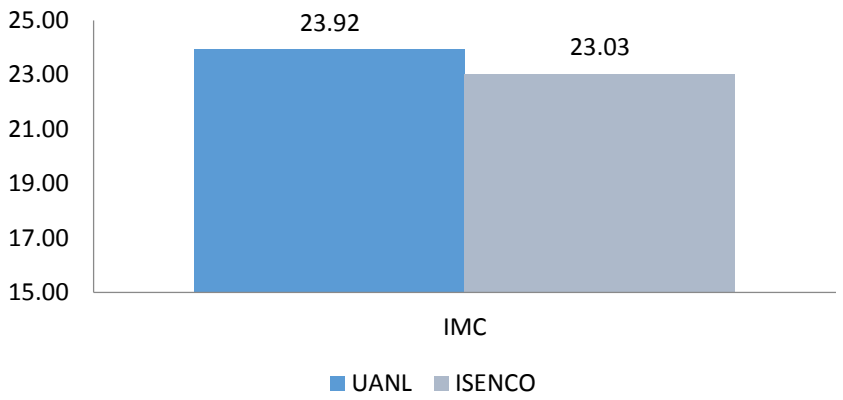


Figura 7. Índice de Masa Corporal (IMC).

Tabla 2. Referencia de Índice de Masa Corporal (IMC).

	Valores
Bajo Peso	>18.5
Peso Normal	18.6-24.9
Sobrepeso	25-29.9
Obesidad 1	30-34.9
Obesidad 2	35-39.9
Obesidad 3	<40

Tomado de la OMS, 2006.

Porcentaje de masa grasa y masa muscular

Respecto a las dos variables del porcentaje de masa grasa y porcentaje de masa muscular, observamos que ambos equipos presentaron niveles en el porcentaje de masa grasa (1 = 26.66 %) (2 = 25.45 %) dentro de los valores normales (Gallagher, 2000). Por lo que se

refiere al porcentaje de masa muscular, los dos equipos obtuvieron valores similares, equipo 1 obtuvo 35.43 % y el equipo 2 obtuvo 36.02 % (figura 8).

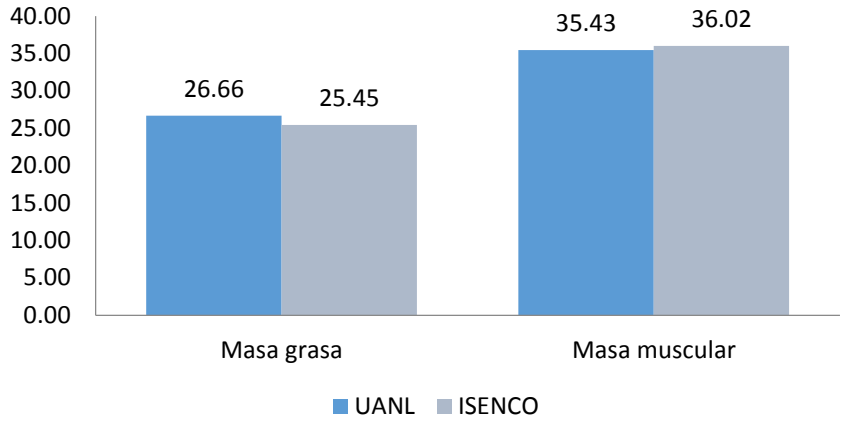


Figura 8. Masa grasa/masa muscular.

Evaluación del Índice Masa muscular/ósea (IMO).

Por parte de la evaluación masa muscular/Masa ósea (Figura 9), ambos equipos se encuentran en un nivel bajos de acuerdo a la tabla de referencia, por lo tanto refleja que para ambos equipos les falta incrementar su masa muscular (Tabla 3).

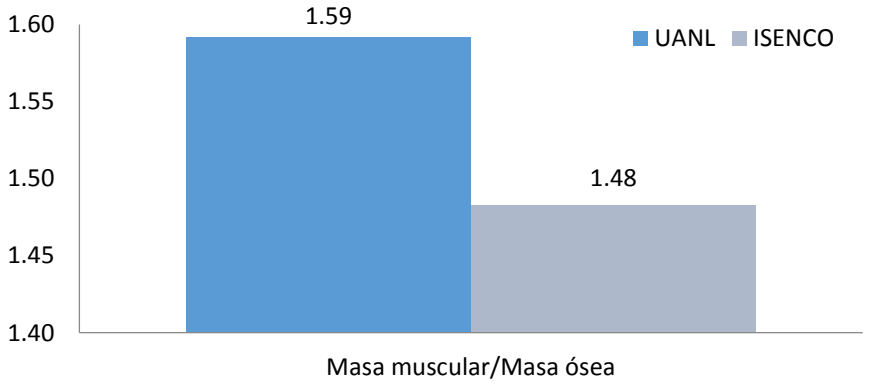


Figura 9. Masa muscular /ósea

Es la relación entre kilos de músculo que tiene una persona y sus kilos de huesos. Los valores óptimos son los valores 5 kilos de músculo por cada kilo de hueso, este valor se correlaciona con un nivel de salud y de performance deportiva.

Valores bajos se correlacionan con un bajo nivel de salud y con probables problema con la alimentación y/o con la recuperación deportiva, ya que no le alcanza para mantener una adecuada cantidad de músculo.

Tabla 3. Índice Musculo Ósea: Masa muscular (kg) / Masa Ósea (kg).

Valores	Bajos	Promedios	Altos
Mujeres	3	3.5 ± 0.5	4
Hombres	3.8	4.3 ± 0.5	4.9
Descripción	Desnutrición calórica proteica		Deportes de fuerza
Valores superiores a 5 podemos suponer consumo de sustancias anabólicas esteroides			

Nota: Holway, F. "Datos de Referencia Antropométricos para el trabajo en Ciencias de la Salud: Tablas "Argo-Ref", Marzo 2005." Datos disponibles en www.nutrinfo.com.ar

Evaluación del Índice Tejido adiposo/Muscular (IAMC).

Los resultados en la evaluación de Tejido adiposo/Tejido muscular (figura 10), ambos equipos muestran valores aceptables según la tabla de Alastrué (1982), dando por hecho que es necesario incrementar el tejido muscular (Tabla 4).

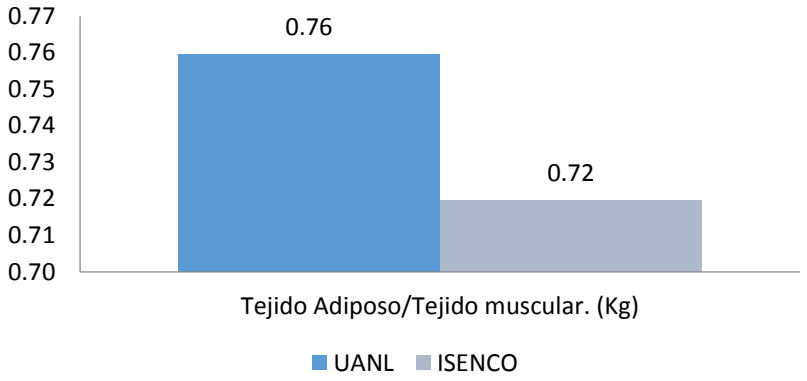


Figura 10. Tejido Adiposo/Muscular.

Este índice me expresa cuantos kilos de tejido adiposo tiene que transportar cada kilo de masa muscular. Cuanto menor sea ese valor más eficiente será en su actividad para desplazarse.

Tabla 4.- Valores en Tejido Adiposo/Muscular (kg).

	Valores
Excelente	< 0.4
Bueno	0.4-0.6
Aceptable	0.6-0.8
Alto	0.8-1.0
Muy alto	> 1.0

Tomado de Alastrué, 1982.

Somatotipo

En la siguiente somatocarta del equipo 1 (UANL) , presentan valores de endomorfico de 4.16, mesomorfico de 4.45 y ectomorfico de 1.45. Obteniendo como resultado de Figura de X = -2.71 y Y= 3.29. Esto significa que el somatotipo del equipo 1 es Mesomorfico-Endomorfico (Figura 11).

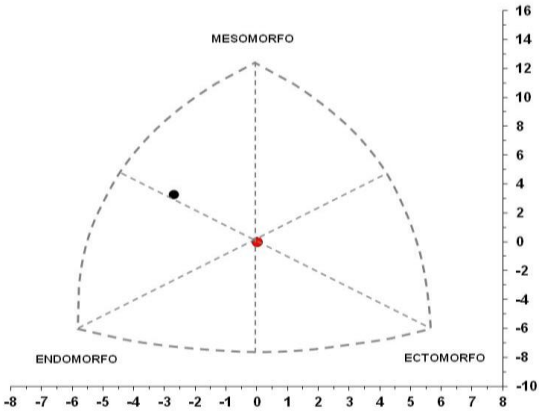


Figura 11. Somatocarta Equipo 1 (UANL).

Análisis del somatotipo y de perfil de proporcionalidad del equipo de la UANL

Tabla 5.- Escala de calificación del endomorfismo y características (adiposidad relativa)

	Nivel del equipo		
1 1.5 2 2.5	3 3.5 **4** 4.5	5 5.5 6 6.5	7 7.5 8 8.5
Baja adiposidad relativa; poca grasa subcutánea; contorno muscular y óseos visibles	Moderada adiposidad relativa; la grasa subcutánea cubre los contornos musculares y óseos; apariencia más blanda.	Alta adiposidad relativa; grasa subcutánea abundante; redondez en tronco y extremidades; mayor acumulación de grasa en el abdomen	Extremadamente alta adiposidad relativa; muy abundante grasa subcutánea; grandes cantidades de grasa abdominal en el tronco; concentración proximal de grasa en extremidades.

Nota: El número sombreado, es el nivel en el que se encuentra el equipo de la UANL en la calificación del endomorfismo.

Tabla 6. Escala de calificación del mesomorfismo y características (robustez o prevalencia musculo-esquelético, relativa a la altura).

	Nivel del equipo		
1 1.5 2 2.5	3 3.5 **4** 4.5	5 5.5 6 6.5	7 7.5 8 8.5
Bajo desarrollo musc. esquelético relativo; diámetros óseos estrechos; diámetros musculares estrechos; pequeñas articulaciones en las extremidades.	Moderado desarrollo musc.- esquelético relativo; mayor volumen muscular y huesos y articulaciones de mayores dimensiones.	Alto desarrollo musc-esquelético relativo; diámetros óseos grandes; músculos de gran volumen; articulaciones grandes.	Desarrollo músculo-esquelético relativo extremadamente alto; músculos muy voluminosos; esqueleto y articulaciones muy grandes.

Nota: El número sombreado, es el nivel en el que se encuentra el equipo de la UANL en la calificación del mesoomorfismo.

Tabla 7. Escala de calificación del ectomorfismo y características (linealidad relativa).

Nivel del equipo			
1 1.5 2 2.5	3 3.5 4 4.5	5 5.5 6 6.5	7 7.5 8 8.5
Linearidad relativa gran volumen por unidad de altura; "redondo" como una "pelota"; extremidades relativamente voluminosas.	Linearidad relativa moderada; menos volumen por unidad de altura; más estirado.	Linearidad relativa elevada; poco volumen por unidad de altura.	Linearidad relativa extremadamente alta; muy estirado; delgado como un lápiz; volumen mínimo por unidad de altura.

Nota: El número sombreado, es el nivel en el que se encuentra el equipo de la UANL en la calificación del ectomorfismo.

Somatotipo.

En la siguiente somatocarta del equipo 2 (ISENCO), presentan valores de endomorfico de 4.34, mesomorfico de 3.98 y ectomorfico de 2.01. Obteniendo como resultado de figura de X = -2.33 y Y = 1.61. Esto significa que el somatotipo del equipo 2 es Endomorico-Mesomorfico (figura 12).

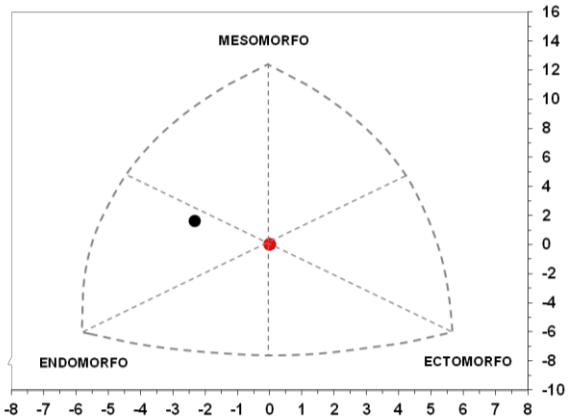


Figura 12.- Somatocarta Equipo 2 (ISENCO).

Análisis del somatotipo y de perfil de proporcionalidad del Equipo del ISENCO.

Tabla 8.- Escala de calificación del endomorfismo y características (adiposidad relativa)

				Nivel del equipo											
1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5
Baja adiposidad relativa; poca grasa subcutánea; contorno muscular y óseos visibles				Moderada adiposidad relativa; la grasa subcutánea cubre los contornos musculares y óseos; apariencia más blanda.				Alta adiposidad relativa; grasa subcutánea abundante; redondez en tronco y extremidades; mayor acumulación de grasa en el abdomen				Extremadamente alta adiposidad relativa; muy abundante grasa subcutánea; grandes cantidades de grasa abdominal en el tronco; concentración proximal de grasa en extremidades.			

Nota: El número sombreado, es el nivel en el que se encuentra el equipo del ISENCO en la calificación del endomorfismo.

Tabla 9.- Escala de calificación del mesomorfismo y características (robustez o prevalencia musculo-esquelético, relativa a la altura).

	Nivel del equipo		

1 1.5 2 2.5	3 3.5 4 4.5	5 5.5 6 6.5	7 7.5 8 8.5
Bajo desarrollo musc. esquelético relativo; diámetros óseos estrechos; diámetros musculares estrechos; pequeñas articulaciones en las extremidades.	Moderado desarrollo musc.- esquelético relativo; mayor volumen muscular y huesos y articulaciones de mayores dimensiones.	Alto desarrollo musc-esquelético relativo; diámetros óseos grandes; músculos de gran volumen; articulaciones grandes.	Desarrollo músculo-esquelético relativo extremadamente alto; músculos muy voluminosos; esqueleto y articulaciones muy grandes.

Nota: El número sombreado, es el nivel en el que se encuentra el equipo del ISENCO en la calificación del mesomorfismo.

Tabla 10.- Escala de calificación del ectomorfismo y características (linealidad relativa).

	Nivel del equipo		
1 1.5 2 2.5	3 3.5 4 4.5	5 5.5 6 6.5	7 7.5 8 8.5
Linearidad relativa gran volumen por unidad de altura; "redondo" como una "pelota"; extremidades relativamente voluminosas.	Linearidad relativa moderada; menos volumen por unidad de altura; más estirado.	Linearidad relativa elevada; poco volumen por unidad de altura.	Linearidad relativa extremadamente alta; muy estirado; delgado como un lápiz; volumen mínimo por unidad de altura.

Nota: El número sombreado, es el nivel en el que se encuentra el equipo del ISENCO en la calificación del ectomorfismo.

Somatotipo.

En la siguiente somatocarta de ambos equipos, presentan valores de un somatotipo de Endomorfico-Mesomorfico.

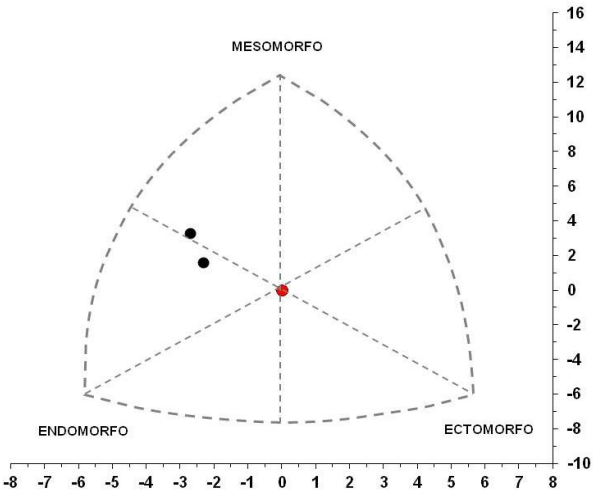


Figura 13. Somatocarta de ambos equipos.

Gráfica de comparación entre ambos equipos.

Dentro de la figura 14, podemos observar en conjunto las diferentes pruebas físicas que se aplicaron a ambos equipos, mostrándonos una visión del nivel y la diferencia que existe entre los selectivos evaluados.

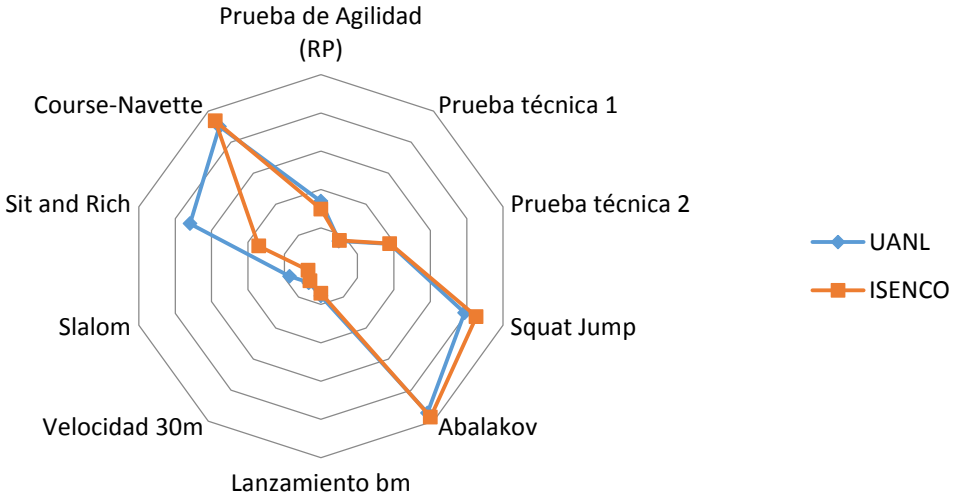


Figura 14. Rendimiento deportivo de ambos equipos.

Mientras que para la parte de composición corporal se muestra en la figura 15 las pequeñas diferencias que se obtuvieron entre ambos equipos, reflejando que en la mayor parte de las variables aplicadas los dos selectivos se encuentran en un mismo nivel.

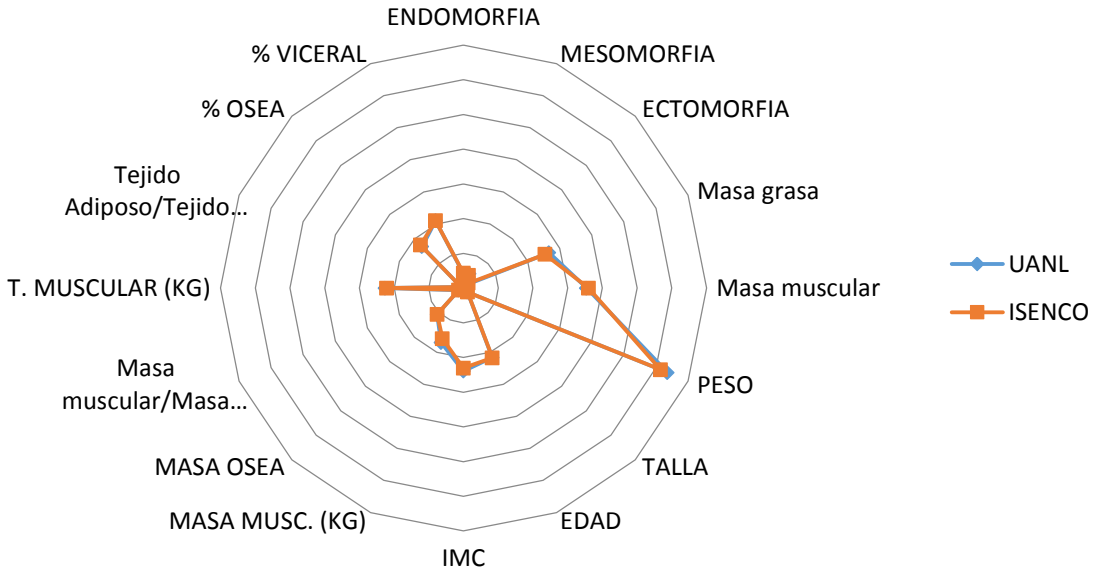


Figura 15.- Composición corporal de ambos equipos.

Estudios relacionados al análisis de la composición corporal

En lo que conocemos, este es el primer estudio en este deporte o disciplina que se elabora en nuestro país, el cual describe simultáneamente el consumo máximo de oxigeno (VO_2Máx) con la prueba de Course-Navette, velocidad en 30 m., flexibilidad, agilidad, coordinación, fuerza en miembros superiores (lanzamiento de balón medicinal), fuerza en miembros inferiores (axón jump), así como dos pruebas técnicas específicas para esta disciplina y las características de composición corporal de dos equipos de balonmano femenil a nivel universitario.

Para ello fue necesario establecer por la parte física una batería de pruebas, con test que podrían arrojarnos datos específicos de cada función corporal dada a este deporte, por lo cual la discusión de la mayoría de las pruebas está basada en las mismas tablas de referencia o ponderación de cada uno de los test aplicados. A excepción de la evaluación de consumo máximo de oxigeno (VO_2Máx), la cual podemos comparar los niveles que se obtuvieron de los dos equipos evaluados, con niveles de equipos europeos de balonmano femenil a los que también se les evaluó el consumo máximo de oxígeno.

Teniendo en cuenta la intensidad media relativa a la que se juega un partido de balonmano (75-85% del consumo máximo de oxígeno), y su duración (30-35 minutos), es natural que la resistencia aeróbica sea una cualidad importante en los jugadores de balonmano, aunque probablemente menos importante que en otros deportes de mayor duración, como el futbol. La resistencia aeróbica se suele evaluar en los jugadores de balonmano mediante la determinación del consumo máximo de oxigeno (VO_2Máx).

Existen varios estudios que han medido el consumo máximo de oxigeno en hombres jugadores de balonmano en diferentes niveles, sin embargo existen muy pocos trabajos

que han medido el consumo máximo de oxigeno a jugadoras de balonmano a nivel elite o juvenil, en dichos trabajos los resultados indican que las jugadoras de este nivel presentan valores medios de consumo máximo de oxigeno cercanos a 51 $ml \bullet kg^{-1} \bullet min^{-1}$ (Hoff, 1995) estos niveles de oxigeno de las jugadoras de balonmano son de un 10 a un 15% inferiores a los que presentan los equipos masculinos y de un 10 a un 20% superiores a los que presentan las mujeres sedentarias.

Mientras que en los valores medios de consumo máximo de oxigeno de las jugadoras de balonmano son de 54 $ml \bullet kg^{-1} \bullet min^{-1}$. Los resultados que obtuvimos dentro de nuestra investigación de acuerdo al consumo máximo de oxigeno en las jugadoras de balonmano fue entre 45 – 47 $ml \bullet kg^{-1} \bullet min^{-1}$, dando por hecho que los niveles que se presentan en nuestro estudio son inferiores a las investigaciones consultadas. Sin embargo, dichas investigaciones consultadas nos sugieren que las jugadoras de balonmano no necesitan poseer valores elevados de capacidad aeróbica para destacar dentro del balonmano femenil. Por lo tanto podemos mencionar que a pesar de tener un nivel bajo a diferencia de los países europeos en los que este deporte es básico para la población y de elevada popularidad, el nivel que presentan las jugadoras de nuestra investigación es bueno para ser una disciplina de poco auge y poca practica en nuestro país.

Continuando con los resultados obtenidos en la evaluación de la parte física de nuestro estudio, como lo mencionamos anteriormente, estos fueron comparados con tablas de referencia o ponderaciones que los mismos test nos mostraban, de acuerdo a la batería de pruebas de López (2008). Con los cuales pudimos obtener un resultado y el nivel de preparación física en el que se encuentran las jugadoras de balonmano femenil de ambos equipos evaluados.

Respecto a la prueba de velocidad en 30 metros, la tabla de indicadores de dicha prueba nos muestra que las jugadoras evaluadas presentan un nivel de regular a bueno, al obtener resultados de tiempos promedios de 5.33 para el equipo 1 y 4.78 segundos para el equipo 2.

Por parte de la prueba de flexibilidad evaluada con el test de Sit and Reach, encontramos una diferencia de resultados entre ambos equipos, mientras el equipo 1 presenta un nivel de flexibilidad bueno, el equipo 2 presenta un nivel de malo a regular, lo que nos refleja que este resultado depende de la parte metodológica, ya que quizá un entrenador puede trabajar con mayor énfasis esta capacidad o prefiere darle mayor énfasis a otras capacidades u otros aspectos dentro del entrenamiento.

Con lo que respecta a la fuerza en extremidades superiores e inferiores, los resultados obtenidos por ambos equipos muestran un nivel de aceptable a bueno en lanzamiento de balón medicinal y por parte de la fuerza en extremidades superiores reflejan un nivel de bueno a excelente de acuerdo a la tabla de referencia de la prueba de squat jump y abalakov de la batería de pruebas de la EUROFIT.

Para la prueba de agilidad y coordinación los parámetros a utilizarse para la comparación de nuestros resultados fueron tomados en los mismos test que se manejaron, para la evaluación de agilidad, el test de recoge pelotas y para la evaluación de coordinación el test de slalom. Dentro de estas evaluaciones los resultados que presentamos, nos arrojan un nivel de bueno a excelente en la prueba de agilidad y un nivel excelente en la prueba de coordinación.

En la evaluación técnica se utilizaron dos pruebas que fueron sugeridas por los entrenadores, ya que es casi nula la información que se tiene para la evaluación de la técnica de este deporte, con ello nos dimos a la tarea de elegir las evaluaciones técnicas con mayor

representación de un juego. Dentro de ambas pruebas técnicas se pudo observar el manejo o dominio del balón que las jugadoras presentan, así como la coordinación y la agilidad que desarrollan al momento de desplazarse. Los resultados que obtuvieron ambos equipos son de un nivel bueno de acuerdo a los estándares que los propios entrenadores manejan.

La evaluación de la composición corporal tanto en personas inactivas como personas activas requiere herramientas rápidas, de bajo costo y fáciles de utilizar que brindan una estimación precisa del porcentaje de grasa y por ende el biotipo del sujeto. La razón de la diferencia en los cambios en total de masa corporal y la masa grasa en periodos de entrenamiento son esperados por ser un ejercicio de resistencia requerida y sin requerimiento de mucho peso.

Los valores de estatura del grupo de las jugadoras del equipo 1 y 2 es superior al estudio de Sánchez (2007) realizado a un equipo juvenil (162 cm) muy por debajo del estudio de Hlatky (1993) (175.4 cm), y del grupo de estudio de García (2007) donde tiene una muestra de 2 equipos juveniles de 16 años (168 cm) y 18 años (169.93 cm) y 2 equipos sénior de 22 (176.55 cm) y 28 años (174.10 cm). Los valores de estatura del equipo 2 se encuentran próximos a los resultados del estudio de Vila (2007) realizado a una muestra juvenil (166 cm).

El peso corporal de los dos equipos estudiados son superiores al estudio de Vila (2007), ya que obtuvieron un peso de 56.6 ± 5.3 kg, muy similar al estudio de Vila (2007) con un peso de 64.8 ± 12.1 kg, al peso del equipo 1. Comparado nuestros resultados del peso corporal con los equipos del estudio de García (2007), estamos muy abajo de sus valores, ya que en los equipo juveniles obtuvieron un peso corporal de 70.36 ± 12.13 en la sub 16 y 69.26 ± 9.62 en la sub 18, y los equipos sénior obtuvieron un peso corporal de 73,13 ± 7.77 los de 22 años y 68.55 ± 7.88 los de 28 años.

El IMC de los dos equipos analizados se encuentra dentro de los parámetros normales según la OMS (2006). Señalar que la utilidad del IMC es limitada en población de deportistas (Mnosma, 2005). Los valores del IMC de ambos equipos se asemejan a los valores de García (2007) en el grupo sub 18 (23.95 ± 2.88 IMC) y los dos equipo de sénior (22.58 ± 1.88 IMC; 23.45 ± 1.92 IMC), aun destacando que se obtuvieron diferentes valores en el peso corporal y la estatura.

La muestra empleada en nuestro estudio de 12 (UANL) y 9 (ISENCO), obtuvimos en el somatotipo de las jugadoras de ambos equipo un resultado de mesomorfico-endomorfico.

Nuestros valores del somatotipo de los dos equipo son similares al de estudio de Bayios (2006) con una muestra de 59 jugadoras de balonmano de las distintas categorías de la selección nacional de España, donde obtuvieron en la categoría de sub-18 un somatotipo de mesomorfico-endomorfico, excepto para el equipo sub-16, que obtuvieron un somatotipo de meso-endomorfico.

El componente mesomórfico fue predominante en el equipo 1, estos resultados están en consecuencia con los requisitos del balonmano, deporte en el que la robustez músculo-esquelética es importante. La ectomorfia mostró los valores más bajos en los dos equipos. Estos resultados concuerdan con otros estudios realizados en jugadoras de balonmano (Bayios, 2006; Vila, 2007; Fernández, 2006)

Los resultados confirman que hay un prototipo de jugador de balonmano similar en todas las categorías de edad. El componente mesomórfico es predominante; por lo tanto, se puede deducir que la fuerza músculo esquelética en el balonmano femenino es decisivo.

Para dominar un elemento o implemento como el balón, es necesario antes dominar el propio cuerpo. Cualquier deporte exige una preparación física adecuada a las exigencias específicas de cada disciplina, contribuyendo a un estado óptimo de desarrollo del rendimiento físico, así como el trabajo técnico, y la composición corporal de las atletas.

En relación al rendimiento físico de las atletas de balonmano evaluadas a través de un test de pruebas físicas, podemos decir que muestran un nivel aceptable en relación a equipos del mismo nivel. Sin embargo, existe una diferencia entre los equipos que evaluamos con en el test de flexibilidad, consideramos que dicho resultados se debe a que quizá un entrenador puede trabajar con mayor énfasis esta capacidad o prefiere darle mayor importancia a otras capacidades u otros aspectos dentro del entrenamiento.

Respecto a la parte técnica ambos equipos fueron evaluados con dos ejercicios técnicos dando como resultado un nivel bueno en ambas pruebas.

Dentro del deporte es importante tener un trabajo multidisciplinar que mejore la preparación del atleta y de esta forma obtener mejores resultados. Específicamente, la valoración de la composición corporal resulta determinante para el estado nutricional; ya que permite diferenciar los cambios en las reservas corporales de grasa, proteína, agua o masa ósea. Es por ello que se decidió tomar como tercer factor la composición corporal con una evaluación antropométrica, que nos ayude a reforzar la evaluación de ambos selectivos, arrojando como resultado el nivel de fenotipo en el que se encuentra cada equipo y cual presenta las mismas características antropométricas en relación a equipos europeos.

Referencias

1. Alastrué A., S. A. (1982). Valoración de los parámetros antropométricos en nuestra población. *Med Clin* , 407-415.
2. Bayios, I. A. (2006). Anthropometric, body composition and somatotype differences of greek elite female basketball, volleybal and handball players. *Journal Sports Medicine and Physical Fitness* , 271-280.
3. Dominguez, C. G. (2007). *Patente nº ISBN:978-84-695-0023-1.* España.
4. Garcia, J. C. (2007). Una revision sobre la detección y selección del talento en balonmano. *Revista Digital Deportiva* , 39-46.
5. Giordani, D. d. (2005). Morfologia de atletas juvenis de handebol morphology of young handball players. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho* , 13(2), 49-58.
6. Hlatky, S. y. (1993). Somatic characteristic of top class European womwn handball players. *1st Proceding of Congress on Sports Medicine and Handball* .
7. Hoff, J. y. (1995). The effects of maximum strength training on throwing velocity and muscle strength in female team-handball players. *J Strength Cond Res* , 255-258.
8. Lidor, R. F. (2005). Measurement of talent in team handball: The questionable use of motor and physical tests. *Journal of Strength and Conditioning Research* , 19(2), 318-325.
9. Mnosma, D. V. (2005). Anthropometry and somatotype of competitive female figure skaters 11-22 years. Variation by competitive level and discipline. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* , 491-500.
10. Organization, W. H. (2006). *World Healt Organization*. Retrieved 2014 йил 30-Mayo from http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html
11. Ruiz, L. &. (2001). Estudio del somatotipo en jugadoras de balonmano por puestos y categorías. *Medicina de l´esport* , 36(137), 25-32.
12. Sáenz-López, P. F. (2006). Estudio de la participación de los jugadores españoles de baloncesto en las distintas categorías de la selección nacional. *Educación Física y Deportes* , 85, 36-45.
13. Sáenz-López, P. G. (2005). La formación de los jugadores de alta competición en baloncesto desde la perspectiva de los coordinadores de cantera. *Revista de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte* , 23-24, 76-94.
14. Sanchez, A. D. (2007). Valoración de la coordinación física general de las selecciones extremeñas de balonmano en categorias de formación. *Revista Digital Deportiva* , 9-20.
15. Srhoj, V. M. (2002). Position specific morphological characteristics of top-level male handball players. *Collegium Antropologicum* , 26(1), 219-227.

16. Srhoj, V. R. (2006). A new model of selection in women's handball. *Collegium antropologicum* , 30(3), 601-605.
17. TAMAYO, M. T. (2003). *El proceso de Investigacion Cientifica.* México : Limusa.
18. Vila, H. F. (2007). Evolución de la condición física en jugadoras de balonmano en las categorias infantil, cadete y juvenil. *Apunts, Educación Física y Deportes*, 99-106.

Somatotipo de jugadores de voleibol del equipo representativo UANL

Myriam Zaraí García Dávila, Germán Hernández Cruz, Ricardo López García y Blanca Roció Rangel Colmenero

Introducción

Un determinado deporte está asociada con características antropométricas, composición corporal y somatotipo, existiendo desde hace muchos años un interés científico por intentar definir las posibles diferencias estructurales entre atletas de diferentes modalidades deportivas (De Hoyo, Sañudo, Carrasco, 2008). El voleibol es beneficiado por la aplicación de la antropometría, tanto por la evaluación de la composición corporal que predice el rendimiento fisiológico y deportivo, define comportamientos mecánicos para determinar la posición más eficiente dentro del campo de juego de acuerdo a las características antropométricas (Almagia, Rodriguez, Barraza, Lizana, Ivanovic, Binvignat, 2009). En la actualidad los jugadores de voleibol profesional tienen características antropométricas acorde con el alto nivel competitivo relacionado a la posición de juego que deben realizar. Sobre la base de la literatura el perfil antropométrico del voleibolista incluye, gran estatura, buen desarrollo músculo esquelético, habilidad en el salto, velocidad y coordinación, incluyendo resistencia, potencia y elevación en el bloqueo (Carvajal, Miñoso, Echevarria, 2005). Por lo que el objetivo del estudio fue conocer la evolución del somatotipo en los jugadores, contribuyendo así al control del entrenamiento y asegurar un adecuado desarrollo en la posición que desempeñan. Las características antropométricas de los deportistas pueden determinar su rendimiento deportivo, el somatotipo es uno de los aspectos más estudiados en este deporte, en la actualidad, se sabe que la tendencia en esta actividad es poseer un somatotipo ectomesomórfico, que se encuentra en correspondencia con las exigencias de este deporte (De Hoyo, Sañudo, Carrasco, 2008).

La cantidad de grasa corporal es un factor fundamental sobre el rendimiento deportivo; ejemplo de ello, es la selección de voleibol de Grecia cuyos integrantes presentaban un porcentaje de grasa de 12,59 ± 4 con el protocolo de Jackson & Pollock, (1978), lo cual es bajo en comparación al de otros deportistas (Carvajal, Miñoso, Echeverria, 2005).

La obtención de una composición corporal ideal llega a ser frecuentemente un tema central de entrenamiento. Además de las razones estéticas y de rendimiento para desear conseguir una composición corporal óptima, también puede haber razones de seguridad. Un deportista con exceso de peso puede estar más propenso a lesiones cuando realice actividades difíciles que otro con una mejor composición corporal. El porcentaje resultante de grasa corporal más alta y de menor masa muscular se traduce inevitablemente en una reducción de rendimiento, que motiva que el deportista siga regímenes que aún produce mayores déficits de energía. Esta espiral descendente de ingestión de energía puede ser precursora de desórdenes alimenticios que coloquen al deportista en grave riesgo para la salud (Bernado, 2001).

Debe considerarse que el porcentaje de grasa corporal tienen unos márgenes apropiados para cada deporte, y es correcto que los interesados se sitúen dentro de estos márgenes específicos según el deporte que practique. El porcentaje de grasa corporal promedio de un jugador de voleibol de entre 19 a 26 años de edad es de 11-13% según Dan Bernado (2001) autor del libro Nutrición para deportistas de alto nivel, así como López Chicharro (2008), en el libro Fisiología del Ejercicio nos menciona que el porcentaje de grasa corporal promedio de un jugador de voleibo es de 11-14% (Aragones, Quilez, Layus, 1999).

En la actualidad encontramos pocos estudios relacionados al jugadores de voleibol varonil y somatotipo, siendo esa uno de los elementos importantes asociado en la participación de determinado deporte así como también un concepto que debe entenderse de forma dinámica, entrenable y modificable, únicamente hasta el límite marcado por la carga genética individual, por esa razón surgió el interés de evaluar los cambios del somatotipo de 15 jugadores del equipo representativo Tigres de volibol varonil de la Universidad Autónoma de Nuevo León durante el macrociclo de preparación para la universidad 2013.

En voleibol como en otros deportes, las habilidades técnico-tácticas, las características antropométricas individuales, contribuyen grandemente al éxito del conjunto (Carvajal, Miñoso, Echevarria 2005). Las características antropométricas de los deportistas pueden determinar su rendimiento deportivo, el somatotipo es uno de los aspectos más estudiados en este deporte en la actualidad, se sabe que la tendencia en esta actividad es poseer un somatotipo ectomesomórfico, que se encuentra en correspondencia con las exigencias de este deporte (De Hoyo, Sañudo, Carrasco, 2008).

Para todos los deportistas es muy importante, conocer la composición corporal, la cual puede ayudar al potencial de un deportista, valorando y adecuando a la fracción de peso libre de grasa (PLG) y porcentaje de grasa (%G).

Muchos atletas necesitan minimizar la grasa corporal y el peso para mejorar aspectos biomecánicas o puntuación en deportes con valoración estética, mientras que otros necesitan aumentar el peso y la masa muscular para mejorar el rendimiento.

Esta investigación es realizada con la finalidad de proporcionar a los entrenadores, preparadores físico y a los jugadores de vóleibol información sobre los cambio del somatotipo, así como también de los cambios en la grasa corporal, obtenidos durante el macrociclo de preparación para la universidad, y de esta manera apoyar al mejoramiento de su rendimiento deportivo que al ver los resultados obtenidos, puedan realizar los cambios que él considera necesarios en su entrenamiento y así contribuir en la mejorar del rendimiento en los jugadores de voleibol.

Objetivo del estudio fue conocer la evolución del somatotipo en los jugadores, contribuyendo así al control del entrenamiento y asegurar un adecuado desarrollo en la posición que desempeñan.

El Voleibol es un deporte jugado por dos equipos en una cancha de juego dividida por una red. Hay diferentes versiones disponibles según casos específicos para ofrecer una versatilidad de juego para todo el mundo. El objetivo del juego es enviar el balón por encima de la red al suelo del contrario e impedir esta misma acción por parte del contrario. El equipo tiene tres golpes para devolver el balón (además del golpe de bloqueo). El balón se pone en juego con un saque: golpe del sacador por encima de la red hacia el campo contrario. La jugada continúa hasta que el balón toca el suelo, va "fuera" o un equipo no logra enviarlo de regreso de forma correcta. El voleibol es uno de los más exitosos y populares deportes de competición y entretenimiento del mundo. Es rápido y las acciones son explosivas. El voleibol de hoy consta de varios elementos de crucial responsabilidad cuyas rela-

ciones lo hacen único entre otros juegos: (reglas oficiales de Voleibol aprobada por FIVB): Saque, salto, ataque, rotación, acción explosiva, defensa.

Como resultado, los jugadores voleibol requieren bien desarrollado velocidad, agilidad, parte superior del cuerpo y la fuerza muscular inferior del cuerpo, y el poder máxima aeróbico (Gabbett y Georgieff, 2007).

Según estadísticas oficiales, la afluencia al deporte del voleibol se mantiene desde el cambio ocurrido en 1972 con motivo de los juegos olímpicos de Múnich. Toda una nación quedo atrapada por la fascinación que partió del torneo olímpico mientras tanto el número de miembros de la federación central de voleibol ha pasado de 24.130 en el año 1971 a los 330.000 de 1984. Hay 4.000 asociaciones, con un número total de más de 12.000 equipos (Drauschke, Kroger, Scholz, Utz, 2002).

Somatotipo

El somatotipo es una clasificación que cuantifica la forma física basada en el concepto de forma o de la conformación de la composición del cuerpo y del tamaño. El método fue desarrollado por Heath y Carter para ser utilizado en las mediciones de atletas olímpicos en México 1968 (Serrato. 2008)

El interés por el tipo corporal o físico de los individuos tiene una larga historia que se remonta a los antiguos griegos. A lo largo de los siglos se han propuesto distintos sistemas para clarificar el físico, los cuales han llevado al origen del sistema llamado de somatotipo propuesto por Sheldon (1940), y posteriormente modificado por otros, en especial por Parnell (1958) y Heath y Carter (1967). Sheldon (1940) creía que el somatotipo era una entidad fija o genética, pero la visión actual es que el somatotipo es fenotípico y, por lo tanto, susceptible de cambios con el crecimiento, envejecimiento, ejercicio, y nutrición (Carter & Heath, 1990).

La técnica del somatotipo es utilizada para estimar la forma corporal y su composición. El somatotipo resultante brinda un resumen cuantitativo del físico, como un total unificado. Se define como la cuantificación de la forma y composición actual del cuerpo humano. Está expresado en una calificación de tres números que representan los componentes: endomórfico, mesomórfico, y ectomórfico, respectivamente, siempre en el mismo orden. El endomorfismo (endomórfico) representa la adiposidad relativa, caracterizado por un mayor almacenamiento de grasas, una cintura gruesa y una estructura ósea de grandes proporciones, por lo general denominado obeso. Los endomorfos poseen una predisposición a almacenar grasas. El mesomorfismo (mesomórfico) representa la robustez o magnitud músculo-esquelética relativa, caracterizado por huesos de dimensiones promedios, torso macizo, bajos niveles de grasa, hombros anchos con una cintura delgada; usualmente identificados como musculosos. Los mesomorfos poseen una predisposición a desarrollar músculos pero no a almacenar tejido graso. El ectomorfismo (ectomórfico) representa la linealidad relativa o delgadez de un físico, caracterizado por músculos y extremidades largas y delgadas y poca grasa almacenada; por lo general denominados delgados. Los ectomorfos no poseen predisposición a desarrollar los músculos ni a almacenar grasa. Por ejemplo, una calificación 3-5-2 se registra de esta manera, y se lee como tres, cinco, dos. Estos números dan la magnitud de cada uno de los tres (Carter & Heath, 1990).

Entre otras aplicaciones, el somatotipo ha sido utilizado:

- Para describir y comparar deportistas en distintos niveles de competencia;
- Para caracterizar los cambios del físico durante el crecimiento, el envejecimiento, y el entrenamiento;
- Para comparar la forma relativa de hombres y mujeres;

Es importante reconocer que el somatotipo describe al físico en forma General, y no da respuestas a preguntas más precisas relacionadas con las dimensiones específicas del cuerpo. El método del somatotipo de Heath-Carter es el más utilizado en la actualidad, como en la investigación realizada por Almagia, Rodriguez, Barraza, Lizana, Ivanovic, Binvignat, (2009), o como la de los autores Arguelles, Mendez, Del Valle (1999), asi como también la realizada por De Hoyo, Sañudo, Carrasco (2008).

Porcentaje de grasa

Son varias las razones por las que se hace difícil precisar cuál es el porcentaje de grasa corporal que debe tener un deportista determinado para conseguir un óptimo rendimiento. Sin embargo, gracias a los estudios realizados con deportistas de elite, podemos dar algunas pautas generales al respecto. Velocistas masculinos, corredores de fondo, luchadores, gimnastas, jugadores de futbol y baloncesto, nadadores, practicantes de bodybuilding y defensa de futbol americano, todos ellos han tenido un buen rendimiento con un 5-10% de grasa corporal. Otros deportistas masculinos, como jugadores de beisbol, tenistas y levantadores de pesas tienen un porcentaje medio del 11-15%, justo por debajo de la media de un individuo no deportivo. Varios expertos sugieren que los deportistas no deberían tener un porcentaje de grasa superior al 20%, mientras otros opinan que este debería estar por debajo del 15%. Estas son más que pautas generales y deberíamos tener en cuenta que el porcentaje de grasa corporal es solo uno de los muchos factores que pueden afectar al rendimiento físico. Muchos deportistas pueden obtener buenos resultados aunque su grasa corporal exceda estos niveles. Sin embargo, en igualdad de condiciones por lo que respecta a otros factores, el exceso de grasa corporal supone una desventaja (Melvin y Williams, 2002).

Además de las razones estéticas y de rendimiento para desear conseguir una composición corporal óptima, también puede haber razones de seguridad. Un deportista con exceso de peso puede estar más propenso a lesiones cuando realice actividades difíciles que otro con una mejor composición corporal. El porcentaje resultante de grasa corporal más alta y de menor masa muscular se traduce inevitablemente en una reducción de rendimiento, que motiva que el deportista siga regímenes que aún produce mayores déficits de energía. Esta espiral descendente de ingestión de energía puede ser precursora de desórdenes alimenticios que coloquen al deportista en grave riesgo para la salud (Bernado, 2001).

Debe considerarse que el porcentaje de grasa corporal tienen unos márgenes apropiados para cada deporte, y es correcto que los interesados se sitúen dentro de estos márgenes específicos según el deporte que practique. Las reservas de grasa corporal cambian a lo largo de toda la vida en forma tal que, basados en una población, es bastante predecible. Los datos transversales demuestran que desde niveles relativamente altos de adiposidad en el primer año de vida, las reservas de grasa subcutánea disminuyen lentamente hasta sus niveles más bajos entre los 6 y 8 años de edad (Tanner, 1978, pp. 17-19).

Después, la grasa subcutánea aumenta progresivamente a lo largo de la mayor parte de los años de desarrollo, excepto por una notable caída alrededor de la explosión puberal (cerca de los 11 a 12 años en las niñas, y 14 a 16 años en los varones). A partir de este punto, las reservas de grasa subcutánea aumentan, alcanzando un pico durante la quinta década de vida para los hombres, y sexta para las mujeres, cayendo posteriormente a medida que avanza la edad. Esta última disminución en la adiposidad externa es, probablemente, un resultado de mortalidad selectiva ya que se sabe que la adiposidad es un factor de riesgo para el desarrollo de numerosas enfermedades (Norton, 1996).

El estudio de estos componentes, especialmente del porcentaje graso, es un criterio muy utilizado para definir factores de riesgo cardiovascular, así como de hipertensión arterial y diabetes mellitas tipo 2 (De Hoyo, Sañudo, Carrasco 2008).

La determinación de este porcentaje graso y la masa libre de grasa es un aspecto clave en la determinación del estado nutricional de los jóvenes. Para su evaluación, diversos estudios epidemiológicos han usado medidas antropométricas y de composición corporal, así como impedancia bioeléctrica. Sin embargo, el elemento más común para estimar el exceso o déficit en la adiposidad corporal es el índice de masa corporal (IMC) (De Hoyo, Sañudo, Carrasco 2008).

Debido a que la mayoría de la gente está preocupada acerca de su nivel de adiposidad, la estimación de las reservas de grasa corporal es un procedimiento común realizado en establecimientos tales, como centros de salud y gimnasios. En forma similar, la relación establecida entre exceso de adiposidad y disminución en la performance deportiva ha producido que la evaluación de la grasa se vuelva una parte integral de la preparación fisiológica de los deportistas. En ambos ejemplos, el método utilizado para determinar el nivel de grasa, normalmente incluye mediciones de pliegues cutáneos. A menudo, estas mediciones de los pliegues son luego utilizadas para predecir la grasa corporal total usando algunas de las numerosas ecuaciones de predicción disponibles en la literatura. Si se utiliza este método existen importantes suposiciones y limitaciones las cuales deben ser comprendidas por el evaluador con el fin de poder realizar una estimación equilibrada del nivel de grasa corporal. De esta forma, se puede brindar información significativa y apropiada a la persona que fue evaluada. Es este nivel de sofisticación el que se necesita para comprender la apreciación de los errores asociados con la conversión de los pliegues cutáneos medidos en la estimación de la grasa corporal total. Es precisamente la falta de tal conocimiento lo que ha provocado el deterioro de este procedimiento en el pasado, y lo sigue haciendo en la actualidad.

Se debe tener un gran cuidado en el momento de hablar con los deportistas sobre la pérdida de peso, con la finalidad de conseguir un objetivo arbitrario predeterminado, es decir, un 5% de grasa corporal. En primer lugar, es necesario recordar que las técnicas de medición de la composición corporal tienen un margen de error de 2-4%, aun mayor cuando se trata de calcular el porcentaje de grasa corporal. En segundo lugar, la propia naturaleza de la composición corporal de un deportista o puede imposibilitar la consecuencia de unos niveles tan bajos. En tercer lugar, una pérdida de peso excesiva puede afectar negativamente al rendimiento físico, que es justamente lo contrario de lo que se persigue (Melvin y Williams, 2002).

Medidas antropométricas y grasa corporal

Los perfiles antropométricos son comúnmente utilizados como base para evaluar el nivel de grasa corporal tanto en deportistas como en otros miembros de la comunidad en general. Existen distintas formas en las cuales las personas utilizan estas mediciones antropométricas básicas para cuantificar los niveles generales y regionales de grasa corporal. Sin embargo, con el tiempo, muchos de estos métodos han sido aplicados sin apreciar los errores y las suposiciones asociadas con su uso (Norton, 1996).

Sin embargo, los pliegues cutáneos son mediciones superficiales que a través del tiempo han sido asociados con procedimientos para estimar la adiposidad corporal total, incluyendo la grasa almacenada internamente alrededor de los órganos.

Debido a que se sabe de los riesgos importantes asociados con los depósitos de grasa corporal ubicados como reservas profundas (tal como la grasa abdominal), el desafío ha sido cuantificar la grasa corporal total usando métodos simples y eficientes, en costos y tiempo. Por lo tanto, se supone que las mediciones de los pliegues externos representan no sólo la adiposidad subcutánea sino también las reservas de grasa interna. Esto ha llevado a una proliferación en el número de ecuaciones de regresión disponibles para llevar a cabo la transformación de las mediciones antropométricas superficiales a las estimaciones de la grasa corporal total, normalmente expresada en porcentaje de grasa corporal (% GC) (Norton, 1996).

Medidas antropométricas y somatotipo

Existen tres formas de obtener el somatotipo: El método antropométrico más el método fotoscópico, el cual combina la antropometría y clasificaciones a partir de una fotografía, es el método de criterio o referencia; El método fotoscópico, en el cual las clasificaciones se obtienen a partir de una fotografía estandarizada; y el método antropométrico, en el cual se utiliza la antropometría para estimar el somatotipo de criterio (Norton, 1996).

El equipamiento antropométrico incluye un estadiómetro con un cabezal móvil, una balanza, un calibre deslizante pequeño (calibre óseo), una cinta flexible de acero o de fibra de vidrio, un calibre para pliegues cutáneos. Para calcular el somatotipo antropométrico son necesarias diez mediciones: estatura en extensión máxima, peso corporal, cuatro pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, supraespinal, y pantorrilla medial), dos diámetros óseos (beepicondilar del húmero y fémur), y dos perímetros (brazo flexionado, en tensión máxima, y pantorrilla).

La estatura y los perímetros son registrados con una precisión lo más cercana a 1.0 mm, los diámetros biepicondilares con una precisión lo más cercana a 0.5 mm, y los pliegues con una presión a 0.1 mm (calibre Harpenden) o a 0.5 mm con otros calibres. Tradicionalmente, cuando se clasifican individuos usando el somatotipo antropométrico, se ha utilizado el mayor de los diámetros y de los perímetros, comparando los lados derechos e izquierdos. En la medida de lo posible se debería realizar de esta forma. Sin embargo, en estudios con gran cantidad de sujetos se recomienda que todas las mediciones (incluyendo los pliegues) se lleven a cabo en el lado derecho (Norton, 1996).

Procedimiento para la obtención del somatotipo

Se analizaron 15 jugadores de volibol Tigres de la UANL (edad 22.6±3.4, altura 189.4±5.4), durante el macrociclo de preparación para la universiada 2013. Se trata de un estudio observacional longitudinal con mediciones de la composición corporal doblemente indirectas (antropometría). Estas se han obtenido siguiendo las normas y técnicas recomendadas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK).

Unidad de observación: 15 Jugadores de voleibol varonil.
Temporalidad: Enero – Abril 2013.
Ubicación espacial: La investigación se llevo a cabo en campos y aulas pertenecientes a la Universidad Autónoma de Nuevo León.
Criterios de inclusión: Jugadores pertenecientes al equipo representativo de voleibol varonil de la UANL.
Criterios de exclusión: Jugadores lesionados, jugadores que por algún motivo no se presentaran al 60% o más de los entrenamientos o juegos.

Materiales

- TALLIMETRO: Se determinó la estatura.
- BÁSCULA IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA TANITA BC-553: peso e Índice de Masa Corporal, el sujeto permaneció de pie en el centro de la plataforma, poca ropa con el peso distribuido por igual en ambos pies, los brazos a lo largo del cuerpo con los glúteos y la espalda erguida.
- PLICÓMETRO SLIM GUIDE: Para medir los 8 pliegues antropométricos, tomándose; bicipital, tricipital, subescapular, cresta iliaca, espina iliaca, abdomen, muslo y pantorrilla.
- CINTA MÉTRICA: Para medir las circunferencias de cinco perímetros: brazo relajado y contraído, abdomen, cadera y pantorrilla.
- ANTROPÓMETRO TOMMY 3: Para las mediciones de los diámetros; humeral y femoral.

Protocolo para la medición

- Se invitó a equipo de voleibol varonil a formar parte de nuestra investigación.
- Se citó para toma de medidas antropométricas previamente entregándoles a todos los participantes un consentimiento informativo garantizándose la confidencialidad de los datos.
- Las mediciones se realizaron en cuatro tiempos una por cada mes de inicio al final del macrociclo de preparación para su competencia fundamental, 4 tomas realizadas el 7 y 8 de cada mes iniciando en enero terminando en abril.
- Las medidas antropométricas, realizadas por un persona certificada en ISAK nivel 2, fueron tomadas peso y tralla se realizaron a primera hora de la mañana en ayunas.

- Una vez obtenido los valores de las mediciones, se utilizó un programa de antropometría utilizando el método somatotípico de Heath-Carter. Los cuales indican genotipos del individuo: endo, meso y ectomórfico.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el software SPSS versión 21. Se realizó estadística descriptiva (media y desviación estándar), estadística no paramétrica utilizando la prueba de Friedman, de acuerdo al tamaño de la muestra.

Análisis del somatotipo

Se analizaron 15 jugadores de volibol Tigres de la UANL, con una edad 22.6±3.4, y altura de 189.4±5.4, durante el macrociclo de preparación para la universiada 2013.

Dentro de los resultados observamos una diferencia significativa (p=.000) entre las tomas del endomórfico y el mesomórfico, por el contrario el ectomórfico no se ve diferencia significativa (p=.371).

	TOMA 1	TOMA 2	TOMA 3	TOMA 4
PESO	86.11± 7.34	85.23± 6.22	84.78± 6.39	84.41± 6.45
GRASA (KG)	15.89± 3.69	15.48± 3.11	15.02± 3.65	14.19± 3.24
ENDOMORFICO**	3.33± 1.04	2.92± 0.98	2.57± 0.97	2.35± 0.75
MESOMORFICO**	5.05± 1.26	4.94± 1.35	4.32± 1.21	5.08± 1.21
ECTOMORFICO	2.70± 1.26	2.86± 1.18	2.89± 1.20	2.91± 1.22

**Diferencia significativa $p<0.01$
Los datos se presenta en Media ± Desviación estándar

El somatotipo del individuo es variable a lo largo de la vida, ya que una dieta o plan de alimentación especial, debido a una enfermedad o a un tratamiento físico determinado el individuo altera a uno o varios componentes de su físico al bajar o subir de peso, al aumentar o disminuir su musculatura. Lo ideal es poseer un morfotipo adecuado al tipo de ejercicio que se realice, esto quiere decir que existen personas más aptas para determinado deporte y si a esto se le suma un correcto entrenamiento combinado con un plan de alimentación según las necesidades y tiempos de entrenamiento, seguramente se tiene muchas posibilidades de éxito (Vila, 2008).

Un estudio realizado por Almagia, Rodríguez, Barraza, Lizana, Ivanovic, Binvignat, en el año 2009 con jugadores profesionales de voleibol de Sudamérica se pudo observar que en cuanto al somatotipo de los integrantes de los diferentes equipos estudiados, su somatotipo predominante fue el mesomorfismo aumentado, seguido de un alto ectomorfismo, obteniendo la clasificación de individuos ecto-mórficos, por lo cual al compararlo con nuestra investigación pudimos observar una diferencia con nuestros resultados, ya que en el promedio que se obtuvo en nuestros jugadores fue predominante en genotipo mesomorfismo, siendo ectomórfico y endomórfico con valores muy similares en cuanto a sus mediciones.

Algo más de lo que podemos destacar en la del porcentaje de grasa ya que los resultados obtenidos en la investigación de los jugadores sudamericanos fue de entre 21.6% a 18.92% a diferencia de esta investigación con la cual se inició con un porcentaje de grasa promedio de 18.29% finalizando con 16.68%, encontrando que la literatura nos menciona que el porcentaje de grasa corporal promedio de un jugador de voleibol de entre 19 a 26 años de edad es de 11-13% según Dan Bernado, así como López Chicharro menciona que el porcentaje de grasa corporal promedio es de 11-14% (Aragones, Quilez, Layús, 1999).

Aportaciones prácticas para el entrenamiento

Por lo cual podemos concluir, que durante el macrociclo de preparación, los atletas con un genotipo endomórfico y mesomórfico presentaron cambios en la disminución del almacenamiento de grasa y el desarrollo de musculo principalmente, a diferencia del ectomórfico, no presento grandes cambios, por ser este un genotipo en el cual no poseen predisposición a desarrollar los músculos ni almacenarlo grasa.

En cuanto al porcentaje de grasa se pudo observar cambios notables ya que fue disminuyendo paulatinamente desde la primera toma, lo cual es un indicador importante de la mejora en cuanto al rendimiento de los jugadores a través de los entrenamientos.

Referencias

1. Almagia, A. Rodríguez, F. Barraza, F. Lizana, P. Ivanovic, D. Binvignat, O. (2009). Perfil antropométrico de jugadores profesionales de voleibol Sudamericano, *International Jounal of Morphology*, 27(1).
2. Aragonés MT, Quílez J, Layús F. (1999). Tratamiento de la composición corporal en deportistas masculinos: B.I.A (imedancia bio-eléctrica) versus pliegues cutáneos, *Revista de la Federación Española de medicina del deporte (Arch Med Dep),* 16 (especial), 502, 503.
3. Arguelles Antuña, J. Mendez, B. Del Valle, M. A. (1999). Análisis del Somatotipo en jugadores de balonmano, *Revista de la Federación Española de medicina del deporte (Arch Med Dep),* 16 (especial), 500, 501.
4. Carter,J.E.L, & Heath, B.H. (1990). Somatotyping — development and applications. Cambridge: Cambridge University Press.
5. Carvajal, W. Miñoso, J. Echevarria, I. (2005). Tendencias en el Somatotipo del voleibol cubano en el periodo 1992-2000, Revista *del Instituto de Medicina Deportiva de Cuba*, 3(2).
6. Dan Bernado. (2001). *Nutrición para deportistas de alto nivel*, Editorial Hispano Europea, S.A.
7. De Hoyo, M. Sañudo, B. Carrasco, L. (2008). Composición Corporal y prevalencia de sobrepeso en jóvenes jugadores de voleibol, *Revista Internacional de Medicina y ciencia de la actividad física*, 8(32).
8. De Hoyo, M. Sañudo, B. Carrasco, L. (2008). Determinación del somatotipo en jugadores infantiles de voleibol: validez como criterio de selección de jóvenes talentos deportivos, *Revista Brasileira de Cineantropometría e Desempenho Humano (Revista Brasileira de Kineantropometría)*, 10(3).
9. Gabbett.T, Georgieff B. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of Australian junior national state, and novice volleyball players, *The journal of Strengh y Conditioning Research*, 21 (3), 902-8
10. Heath, B.H., & Carter,J.E.L. (1967). A modified somatotype method. *American Journal of Physical Anthropology*, 27, 57-74.
11. Klaus Drauschke, Christian Kroger, Arnold Scholz, Manfred Utz, (2002). *El entrenador de voleibol*, Editorial Paidotribo.
12. López Chicharro J, Fernández Vaquero A, (2008). *Fisiología del Ejercicio*, Editorial Medica Panamericana.
13. Mauricio Serrato Roa, (2008). *Medicina Del Deporte*, Editorial: universidad del rosario.
14. Melvin H. Williams. (2002). N*utrición para la Salud, la condición física y el deporte*, Editorial Paidotribo.
15. Norton K, Old T. (1996). *ANTROMPOMETRICA*, libro de referencia para mediciones corporales humanas para la educación en deporte y salud.
16. Parnell, R.W (1958). *Behaviour and physique*. London: Edward Arnold Ltd.
17. Peniche Zeevaert Celia, Boullosa Beatriz, (2011). *Nutrición aplicada al deporte,* McGRAW-HILL Interamericana Editores, S.A de C. V., Núm. 736.
18. Reglas Oficiales de Voleibol aprobada por FIVB, Edición 2011-2012.
19. Sheldon,W.H. (with the collaboration of S.S. Stevens and W.B.Tucker) (1940). The varieties of human physique. New York: Harper and Brothers.

20. Tanner. J.M. (1978). Foetus into man (pp. 17-19). London: Open Books.
21. Vila Suarez, MH, Ferragut, C., Alcaraz PE, Rodriguez Suarez N, Cruz Martínez M. (2008) Características cineantropométricas y la fuerza en jugadores juveniles de balonmano por puestos específicos. *Archivos de medicina del Deporte;* 25(125): 167-177.

Control biológico del entrenamiento

Delia Karina Pérez Torres, Blanca Estrella Chávez Aguilar, Germán Hernández Cruz, Hugo Aguirre Zuazua, Blanca Rocío Rangel Colmenero[a]

Facultad de Organización Deportiva, UANL, México
[a] brangel_colmenero@hotmail.com, blanca.rangelc@uanl.mx

Introducción

El control biológico ha surgido como la necesidad de estudiar, comprender, describir, analizar y cuantificar aquellos cambios que surgen tras un ejercicio extenuante, por lo cual en la presente investigación se tomaron en cuenta algunos de los principales marcadores biológicos bien conocidos como Creatin Quinasa (CK), Urea, Respuesta Inmune, Estrés Oxidativo y Variabilidad Frecuencia Cardiaca (VFC) de los cuales por sus particularidades únicas nos permiten evaluar el estado del deportista.

Una gran cantidad de estudios a través de la historia han demostrado diferentes cambios producidos como consecuencia del entrenamiento deportivo (Viru & Viru 2003), por lo cual se ha vuelto una incógnita para científicos y entrenadores el tratar de explicar, comprender y descifrar los fenómenos que surgen como respuesta a diferentes cargas de entrenamiento. Por lo que hoy en día debido a la alta exigencia del entrenamiento y el deseo de conseguir resultados satisfactorios para una amplia gama de deportes se proporciona una herramienta conocida como "Marcadores biológicos" entre estos tenemos la CK utilizado como un herramienta para especificar si se presenta o no daño en el músculo esquelético durante las prácticas deportivas (Brancaccio, Maffulli & Limongelli, 2007; Coelho, Morandi, Melo & Garcia, 2011).

Diversos autores sugieren utilizar varios parámetros para determinar cargas de entrenamiento tales como: CK en donde se menciona que valores superiores a 200 U/l en una persona sana se interpretaría como una carga de entrenamiento elevada, otros parámetros utilizados como herramienta para la valoración del entrenamiento son ácido láctico, Urea , amonio y glutamina (Calderón-Montero, Benito-Peinado, Melendez-Ortega & González-Gross, 2006).

La respuesta inmune considerada como un determinante bioquímico y hematológico determina alteraciones que puedan presentarse después del ejercicio, algunos autores mencionan que dichos cambios en la respuesta inmune dependerá de la intensidad o cargas de entrenamiento (Nieman, 2012).

Existen reportes en la literatura que sugieren que el comportamiento de los linfocitos y la función inmune están vinculados con el efecto del ejercicio, dichos efectos en el ejercicio se podrán identificar con algunos comportamientos celulares: los leucocitos disminuirán sus valores cuando las defensas están bajas o cuando la planificación deportiva ha sido muy exigente así como en estados de sobre entrenamiento, los linfocitos disminuirán tras esfuerzos de gran volumen, los neutrófilos presentaran aumentos en esfuerzos sub máximos prolongados o durante periodos de gran estrés, los eosinófilos disminuirán tras ejercicio físico intenso y condiciones de gran estrés (Urdampilleta, 2013), sin embargo algunos otros autores como Nieman (2012) menciona que la práctica de ejercicio moderado causa-

ra perturbaciones favorables en el sujeto como mejorar el estado de vigilia contra patógenos y reducción en la incidencia de infecciones respiratorias.

Uno de los objetivos que se plantea con la aplicación del Control Biológico es establecer relaciones entre ciertos parámetros. Este es el caso de la Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca (VFC) y las poblaciones leucocitarias en los atletas (Suetake, 2010). El término de VFC se ha utilizado en los últimos años como indicador de la fatiga crónica debido a que el principio esta técnica se basa en los cambios en la modulación del sistema nervioso autónomo (SNA), específicamente en las oscilaciones consecutivas "latido a latido" reguladas por el SNA (Bricout, Dechenaud & Favre-Juvin, 2010; Christoforidi, Koutlianos, Deligiannis, Kouidi & Deligiannis, 2012). Gracias a que se asocia directamente con el equilibrio simpato-vagal se utiliza para evaluar los efectos del ejercicio agudo y del entrenamiento (Chalencon et al., 2012; Makivić, Nikić & Willis, 2013). La VFC refleja un control del SNA sobre el sistema cardiovascular, donde un aumento en los valores señala un funcionamiento ideal y adaptabilidad del SNA, mientras que una VFC baja se interpreta como un indicador negativo para la salud y por lo tanto para el rendimiento físico (Edmonds, Sinclair & Leicht, 2013). Al ser un método no invasivo se ha logrado establecer mediciones de VFC en diversas disciplinas, tales como buceo (Christoforidi et al., 2012), atletismo (Vesterinen & Häkkinen, 2013), voleibol (D'Ascenzi et al., 2014) , triatlón (Cejuela & Esteve-Lanao, 2011).

Cada uno de los parámetros anteriormente mencionados proporcionan información que contribuye directamente con el control biológico del ejercicio para procurar comprender los procesos de adaptación durante el entrenamiento deportivo (Calderón-Montero et al., 2006; Jürimäe, Mäestu, Jürimäe, Mangus & von Duvillard, 2011). Por esta razón el objetivo de este estudio es describir e interpretar el comportamiento de marcadores biológicos: CK, Urea, Respuesta Inmune, Estrés Oxidativo, VFC con respecto al entrenamiento y competencia fundamental.

Procedimiento para el control biológico del entrenamiento

El protocolo consistió en monitorear marcadores biológicos en un atleta de triatlón modalidad olímpica. La evaluación abarcó la cuantificación de valores de CK, Urea, parámetros Leucocitarios, Estrés Oxidativo y VFC en un Macrociclo completo, competencia y su posterior recuperación. La totalidad del proceso fue dividida en tres Fases: entrenamiento, competencia y recuperación.

Contando con el consentimiento informado del atleta se recolectaron muestras de sangre capilar durante el transcurso del estudio, el cual se esquematiza en la figura 1.

En el entrenamiento, el tiempo total de seguimiento fue de 3 meses el cual se dividió en ocho Microciclos (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8). La etapa de competencia consistió en dos tomas, una al Inicio de la competición (T1) y la segunda inmediatamente al finalizar (T2). Así mismo, la fase recuperación se segmentó en cinco tomas posteriores de la competición, a las 2 horas (T3), 24 horas (T4), 48 horas (T5), 72 horas (T6) y 7 días (T7).

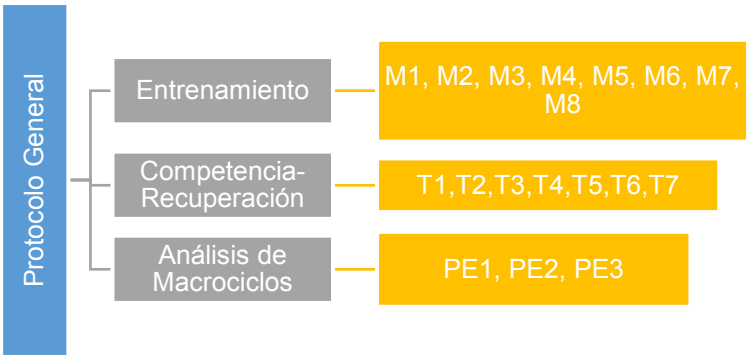


Figura 1. Protocolo General del Estudio.

Se analizó a una triatleta mujer (edad 37 años, altura 166.3, peso: 56.7 kg), cuyo entrenamiento consistió en sesiones dobles durante 6 días y un entrenamiento simple al séptimo día. La mediciones se realizaron en una competencia nacional oficial, participando en la modalidad olímpica. Posterior a la competencia se le solicitó al atleta una semana de recuperación realizando actividades de baja intensidad.

Indicadores de volumen e intensidad.

Durante el entrenamiento, competencia y recuperación se tomaron muestras sanguíneas en dos tubos de EDTA con un volumen aproximado de 500 µL por cada toma. Las mediciones fueron realizadas en el dispositivo Reflotron Plus utilizando tirillas reactivas para Creatin Quinasa (REF: 11126695203) y Urea (REF: 11200666204). Para la cuantificación de lactato se utilizó el dispositivo Accutrend Plus y tiras reactivas (REF**:** RC150386) ambas de la marca comercial Roche.

Respuesta Inmune.

Las muestras de la biometría hemática se realizaron en un laboratorio de referencia en todo el proceso del estudio. Analizando leucocitos, neutrófilos, basófilos, eosinófilos, monocitos y linfocitos.

Estrés Oxidativo.

La cuantificación de hidroperóxidos lipídicos fue llevada a cabo con kits para la prueba d-ROMs en el dispositivo FRAS4 de la compañía Evolvo.

Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca.

El monitoreo se realizó utilizando el dispositivo Polar Team 2 durante 15 minutos en posición supina. Las variables analizadas son los que se basan en el dominio del tiempo, entendiendo por variables de tiempo los diferentes parámetros estadísticos que resultan de la medición electrocardiográfica de los intervalos NN normales. Estos intervalos NN normales son analizados estadística y matemáticamente para obtener los distintos parámetros (Rodas, Pedret, Ramos, Capdevila, 2008). La SDNN es la desviación estándar de todos los intervalos NN del periodo medido, es un indicador independiente de las frecuencias para definir el concepto de la variabilidad total, rMSSD es la raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos. Este parámetro informa de las variaciones a corto plazo de los intervalos NN y se utiliza para observar la influencia del sistema nervioso parasimpático sobre el sistema cardiovascular, pNN50 mide el porcentaje de los intervalos NN consecutivos que discrepan en más de 50 milisegundos entre sí, un valor elevado de pNN50 proporciona valiosa información acerca de las variaciones altas espontaneas de la frecuencia cardiaca (Task force, 1996).

Evaluaciones físicas.

Se efectuaron tres pruebas de esfuerzo en banda sin fin con control de lactato, la primera de ellas se realizó al inicio de las evaluaciones la cual fue utilizada como control, las dos posteriores fueron llevadas a cabo antes del periodo de competición. El protocolo de la prueba se inicia a una velocidad de 6 km/h con un aumento de 2 km/h cada tres minutos, hasta que el atleta no pudo mantener el ritmo. Las evaluaciones de concentración de lactato en sangre capilar se tomaron al iniciar la prueba, al final de cada etapa y en los periodos de recuperación con tiempos de 1, 3 y 5 minutos.

El estudio fue durante un Macrociclo de doble periodización, en el cual el primer periodo correspondió a ocho microciclos y su primer competencia fundamental, el segundo de ellos consistió de igual manera en ocho microciclos y su siguiente competición fundamental, en la figura 2 podemos observar las evaluaciones físicas y biológicas analizadas.

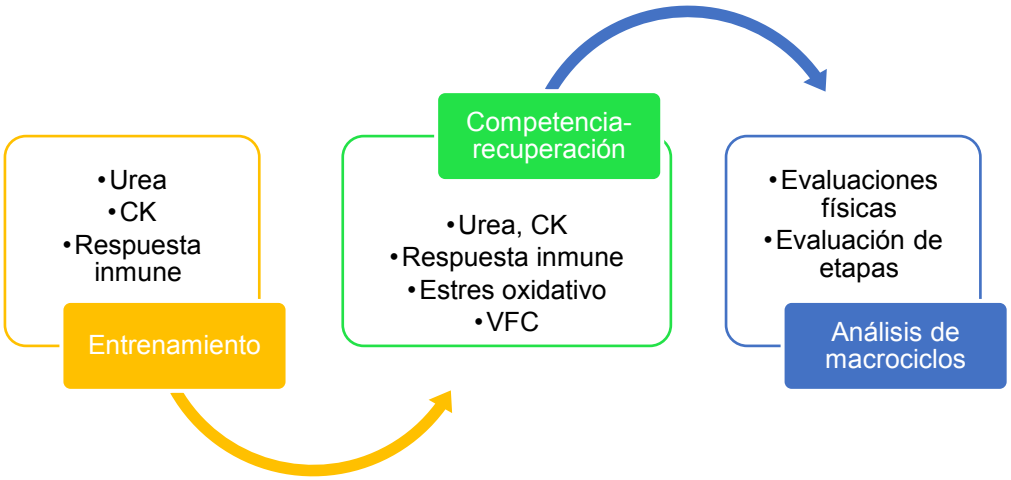


Figura 2. Marcadores analizados por periodo.

Análisis del control biológico del entrenamiento

Indicadores de volumen e intensidad

La medición de Urea nos proporciona diversa información, la cual va desde evaluar las cargas físicas con predominio de volumen y controlar la calidad del descanso del deportista de las cargas del día anterior; la CK es utilizada para monitorear las intensidades de entrenamiento ya que al ser una enzima aumenta la permeabilidad de la membrana provocando ruptura de la fibra muscular estriada (Coelho, Morandi, Melo & Garcia, 2011; Lozano & Moro, 2012; Urdampilleta, 2013).

A lo largo del periodo de entrenamiento se puede observar que la Urea sufrió cambios considerables entre los microciclos. En la figura 3 se muestra el aumento paulatino que sostuvo dicho marcador durante los primeros tres microciclos, sin embargo esta diferencia se convierte en mínima para M4 y M5, posteriormente existió una disminución en M6 y M7. De acuerdo a lo que menciona la literatura, las variaciones mostradas se deben a que la atleta utilizó en repetidas ocasiones el catabolismo de proteínas como fuente de energía en respuesta al volumen de las cargas de entrenamiento (Coelho et al., 2011; Lozano & Moro, 2012; Soto, Trujillo & Niño, 2013; Urdampilleta, 2013). Es importante mencionar que a pesar de las modificaciones en los valores de Urea, solo M3 mostró valores fuera del rango de referencia para atletas de alto rendimiento (Hartmann & Mester, 2000).

A diferencia del Indicador de volumen, hubo momentos en los que la CK se mantuvo con valores fuera del rango de referencia entre las mediciones. Tomando en cuenta la tabla 1 podemos ver que M2, M3, M4 y M7 son quienes, al tener valores mayores de 195 U/L, presentan una posible microlesión de fibras musculares causado por la intensidad de la carga de entrenamiento (Cachadiña, 2012; Urdampilleta, 2013). Una de las características principales de dicho marcador es que puede mantener valores altos durante periodos cortos, sin embargo, es importante dar seguimiento al atleta en caso de arrojar valores como el mostrado en M7, debido a que podría relacionarse con diversas patologías asociadas a daño muscular (Brancaccio, Lippi & Maffulli, 2010; Kenney et al., 2012; Mougios, 2007).

La relevancia de la evaluación de los Indicadores de volumen e intensidad recae en dos situaciones diferentes, una de ellas es la información que se puede inferir con el análisis de las variaciones en un tiempo determinado, la segunda es que con estos datos se puede buscar la manera adecuada de promover la respuesta celular ante estímulos externos como lo es el deporte de alto rendimiento (Coelho et al., 2011).

Tabla 1. Valores de volumen (Urea) e intensidad (CK) durante el periodo de entrenamiento.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Rango
Urea (mg/dL)	37	46	*54	44	44.7	29.6	33.2	38.1	0-50
CK (U/L)	182	*380	*224	*269	108	45.8	535	114	24-195

El objetivo principal de agregar éstos marcadores al control biológico es establecer rangos que puedan suscitar la adaptación al ejercicio manteniendo así el estado óptimo para que el atleta sea capaz de cumplir con los requerimientos de una competencia fundamental.

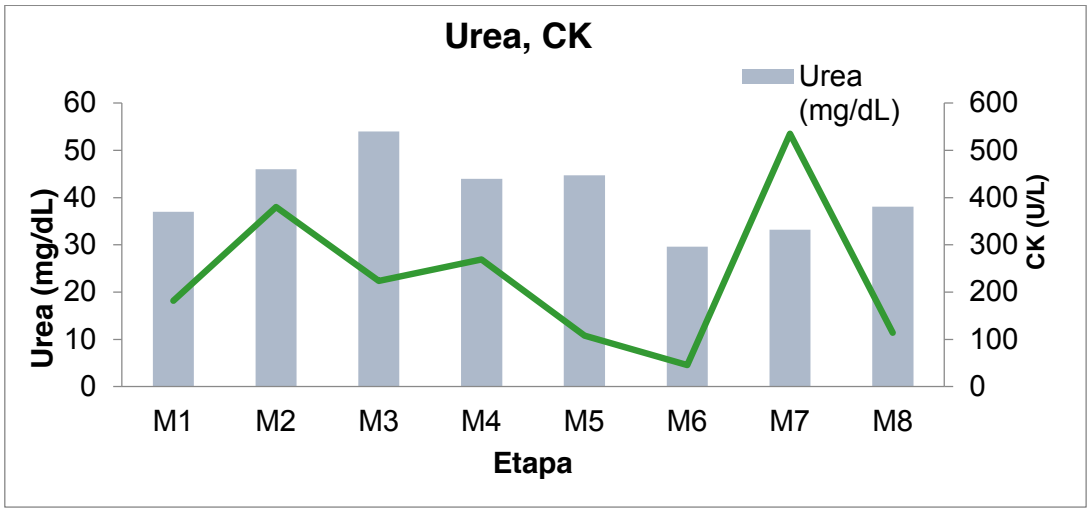


Figura 3. Comportamiento de Urea y CK durante el entrenamiento.

Respuesta Inmune

En la tabla 2 se muestran los resultados arrojados por las biometrías hemáticas realizadas al atleta durante el periodo de entrenamiento. Específicamente se concentran los valores de poblaciones leucocitarias y subpoblaciones las cuales presentan cambios sin salir de los rangos establecidos como normales para una persona. En la figura 3 se esquematiza el comportamiento de los neutrófilos y los linfocitos, subpoblaciones que presentaron variaciones considerables a lo largo del macrociclo. En general, se ha descrito que existe una relación directa entre la realización de un ejercicio extenuante y los mecanismos celulares implicados en la regulación de la homeostasis (Nieman, 2012).

Tabla 2. Parámetros leucocitarios durante los diferentes microciclos.

Marcador	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	Rango
Leucocitos (miles/mm^3)	4.23	9.14	8.71	5.1	5.2	6.2	5.4	3.98-10.04
Linfocitos (%)	37	25	23	41	36	45	44	19.3-51.7
Neutrofilos (%)	41	69	68	59	59	53	50	34.0-71.01
Monocitos (%)	14	5	7	0	3	2	2	4.7-12.5
Eosinófilos (%)	6	0	1	0	1	0	4	0.7-5.8
Basófilos (%)	2	1	1	0	1	0	0	0.1-1.2

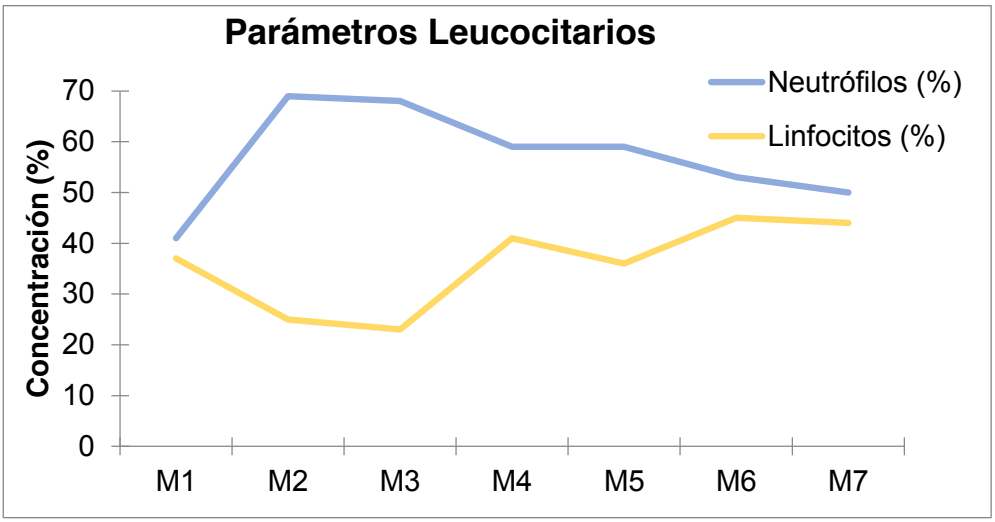


Figura 3. Efecto del entrenamiento sobre el porcentaje de neutrófilos y linfocitos.

Competencia y Recuperación

Indicadores de volumen e intensidad

En la tabla 3 se muestran los valores de Urea y CK que presentó la atleta el día de la competición, los cuales se encuentran dentro del rango de referencia. El marcador Urea presentó ligeros cambios a lo largo de los periodos de competencia y recuperación presentando el valor mayor en T3, por lo que podemos asumir que hubo cierta predominancia en el catabolismo de proteínas (Viru & Viru 2001); siguiendo con la recuperación para T4 se observó un decremento considerable en la concentración de Urea, situación con la que podemos inferir que la atleta pudo asmilar la carga del día anterior (Soto et al., 2013).

Tabla 3. Concentración de indicadores de volumen (Urea) e intensidad (CK) durante una competencia y su posterior recuperación.

Marcador	Competencia		Recuperación					Rango
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
Urea (mg/dL)	40.6	37.9	46.2	31.3	38.9	38.2	43	0-50
CK (U/L)	66.7	151	229	296	244	286	194	24-195

El marcador enzimático tuvo un aumento lineal en la competencia y en las dos primeras tomas de la recuperación, llegando a obtener el valor máximo en T4 con 296 U/L. Dicho aumento nos indica que existió un incremento en la carga de trabajo durante ese tiempo, sin embargo gracias a que los valores disminuyeron para T5 podemos asumir que la atleta logró establecer un equilibrio a nivel celular según lo que menciona Cachadiña (2012). En

la figura 4 se muestra el comportamiento que mantuvo a lo largo de las etapas de competencia y recuperación, con base a éstos datos podemos deducir que el atleta refiere una adaptación al entrenamiento debido a que muestra valores considerablemente altos en comparación a la población sedentaria (Hartmann & Mester, 2000).

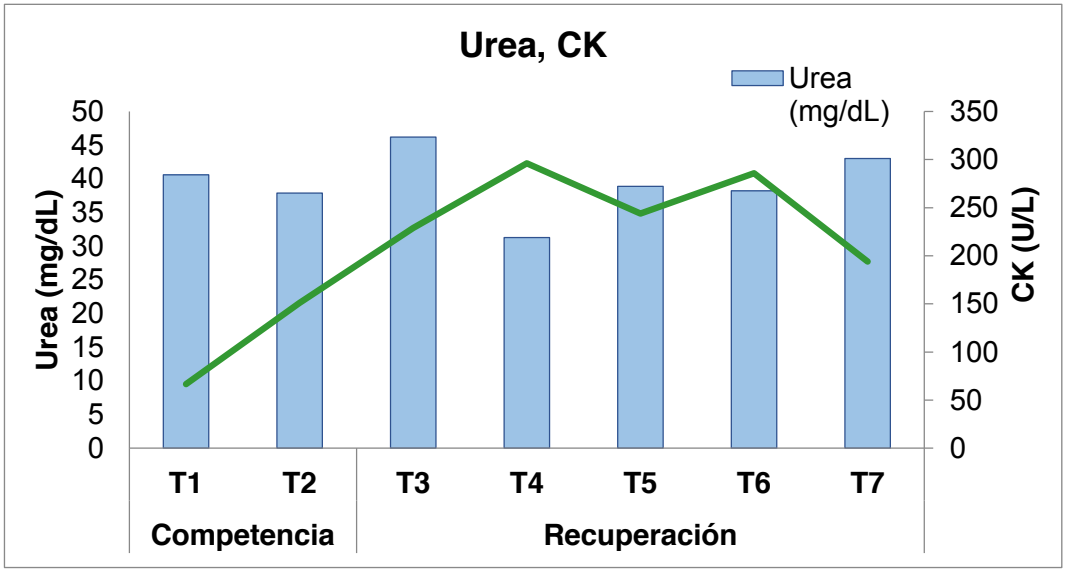


Figura 4. Concentración de Urea y CK en competencia y posterior recuperación.

Respuesta Inmune

Al iniciar la competencia el atleta se encontraba en parámetros óptimos para el correcto funcionamiento del sistema inmune, sin embargo al finalizar la competencia se observó un aumento considerable en la población celular de neutrófilos hasta un 80%, cuyos valores basales regresaron a las 24 horas. Los linfocitos disminuyeron como consecuencia del ejercicio intenso de larga duración (Wolach, 2012). El resto de los marcadores se mantuvieron dentro de los rangos de referencia con excepción de los eosisnófilos (tabla 3). El aumento en la concentración total de leucocitos forma parte del conjunto de mecanismos que surgen como respuesta a un estímulo externo por parte del sistema inmunológico (Leicht et al., 2011; Nieman, 2000). En la figura 5 se observa un periodo conocido como "Ventana Abierta" en el cual los atletas poseen bajas defensas haciéndolos susceptibles a contraer enfermedades provocado por el ejercicio intenso (Bobovčák, Kuniaková, Gabriž & Majtán, 2010; Chamorro-Viña, Fernandez & Tacón, 2014).

Tabla 3. Parámetros leucocitarios durante una competencia y su posterior recuperación.

Marcador	Competencia		Recuperación					Rango
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
Leucocitos (K/µL)	5.89	14.69	14.8	7.21	5.78	5.55	8.02	3.98-10.04
Linfocitos (%)	47.5	8.5	8.8	22.7	33.6	35	21.4	19.3-51.7
Neutrófilos (%)	40.4	82.3	80.3	67.1	55.2	52.4	70.3	34.0-71.01
Monocitos (%)	7.6	8.9	10.7	8	8.1	5.4	7.2	4.7-12.5
Eosinófilos (%)	3.7	0.1	0	1.5	2.1	5.4	0.7	0.7-5.8
Basófilos (%)	0.8	0.2	0.2	0.7	1	1.8	0.4	0.1-1.2

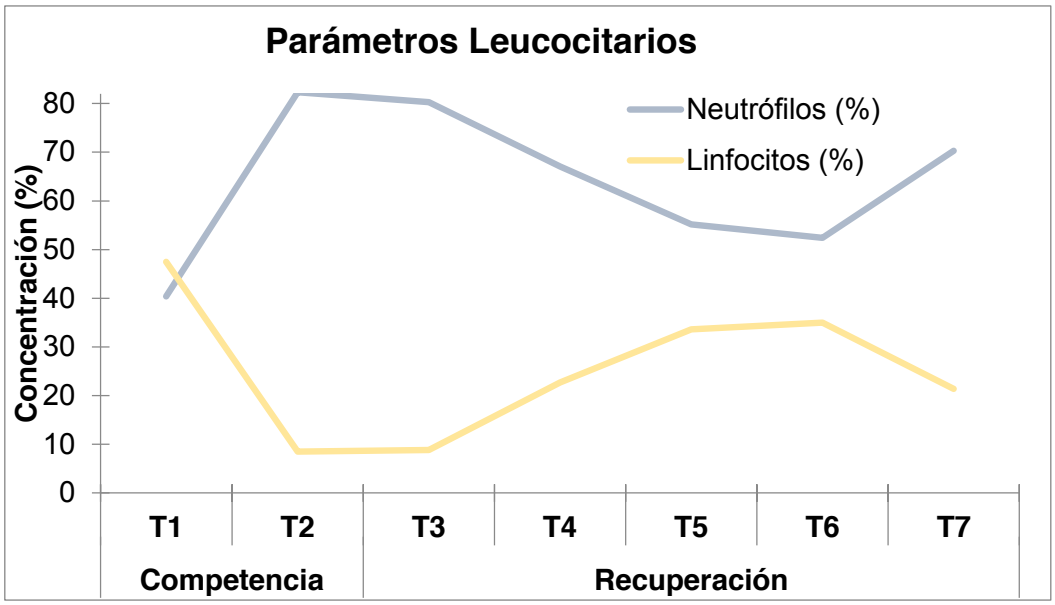


Figura 5. Resultados obtenidos en porcentaje de neutrófilos y linfocitos en el periodo de entrenamiento.

Estrés Oxidativo

Como parte del funcionamiento de un sistema biológico existen diversas maneras de establecer comunicación entre las células que conforman al organismo. Una de ellas es la liberación de moléculas de oxígeno las cuales tienen la capacidad de reaccionar con otros elementos, por esta razón se les conoce como radicales libres o especies reactivas de oxígeno (Faruk Ugras, 2012; Neubauer, König, Kern, Nics & Wagner, 2008; Yoshida, Umeno & Shichiri, 2013). Sin embargo, cuando un organismo posee concentraciones altas de radicales se pueden desencadenar diversos transtornos que se relacionan con la perturbación

de membrana, específicamente daño muscular, alteraciones en metabolismo de calcio y disminución de la respuesta immune (Stanković & Radovanović, 2012). Por esta razón es necesario que junto a la producción de radicales libres exista un sistema antioxidante el cual mantiene resguardadas a las células del posible daño que puedan causar, es así como surge el concepto de Estrés Oxidativo el cual hace referencia o imbalance entre la liberación de radicales libres y la producción de defensas antioxidantes (Diaz et al., 2010; Falone et al., 2010; Nicolas, Banizette & Millet, 2011).

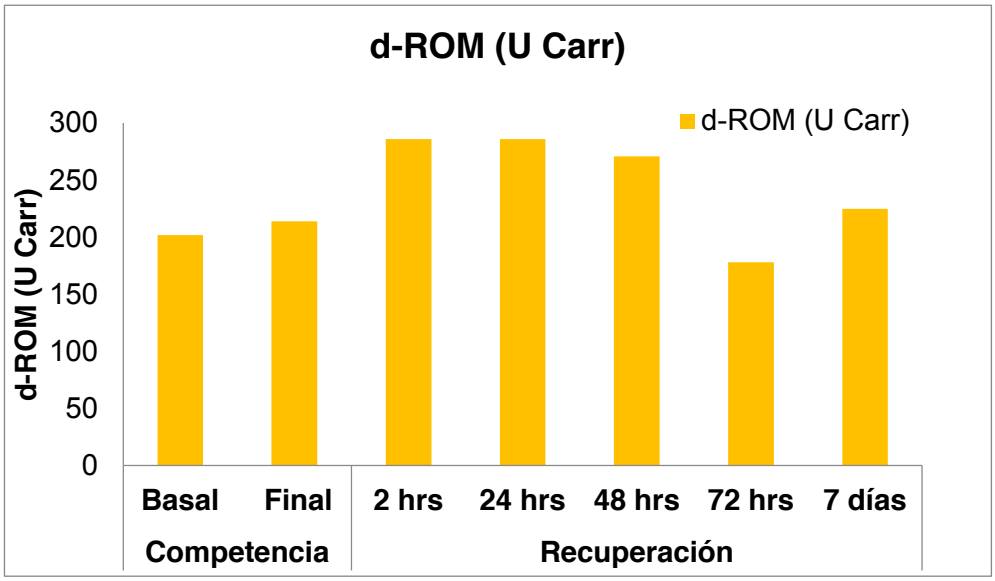


Figura 6. Liberación de radicales libres durante una competencia y posterior recuperación.

Durante el periodo de evaluación se produjo un incremento en la producción de agentes químicos reactivos, llegando a una concentración máxima de 286 U. Carr, la cual se mantuvo durante 24 horas (figura 6). Debido a que la triatleta logró recuperar sus niveles basales 48 horas posteriores a la competencia se puede deducir que su sistema antioxidante se encuentra en óptimas condiciones, es decir, alcanzó un efecto positivo sobre la liberación de radicales libres durante la actividad física (Medina et al., 2012; Stanković & Radovanović, 2012).

El Control Biológico del entrenamiento incluye la evaluación del estrés oxidativo debido a que promueve las adaptaciones al ejercicio, además de que ha sido reconocido como uno de los principales conceptos que pueden afectar directamente el equilibrio celular de manera prolongada, ejerciendo así un efecto negativo en el rendimiento del atleta (Concepcion-Huertas, 2013; Tong et al., 2013; Varamenti et al., 2013).

Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca (VFC)

Tomando en cuenta los valores de la VFC al finalizar la competencia (Figura 7), se observó un efecto notable en el atleta del ejercicio realizado durante la etapa de competencia, esta diferencia hace notar que existe un predominio del sistema simpático sobre el parasimpá-

tico (Edmonds et al., 2013; Makivić et al., 2013). A pesar del efecto ejercido por el esfuerzo realizado, el atleta logró recuperar las condiciones basales mostradas al iniciar la competencia. El incremento causado por la competencia y su posterior recuperación durante los siguientes tres días supone una evidencia de que la atleta posee una adaptación al entrenamiento (Vesterinen & Häkkinen, 2013).

Análisis de Macrociclos

Evaluaciones Físicas

Una de las herramientas en las que se basa el control biológico para evaluar el rendimiento físico de los deportistas es la realización de pruebas de esfuerzo en banda sin fin para establecer las metas que se deben cumplir durante todo el proceso de monitoreo (figura 8 y 9). En este estudio se realizaron tres evaluaciones en las cuales podemos ver el avance progresivo que tuvo el atleta en cuanto al consumo máximo de oxígeno el cual empezó en 54.5 ml/kg/min hasta llegar a 65.22 ml/kg/min (tabla 4). Este avance se hace tangible en la diferencia de tiempos en la competencia 1 y la competencia 2, ya que para la segunda etapa la atleta logró disminuir el tiempo de 2:29:33 a 2:23:43 respectivamente.

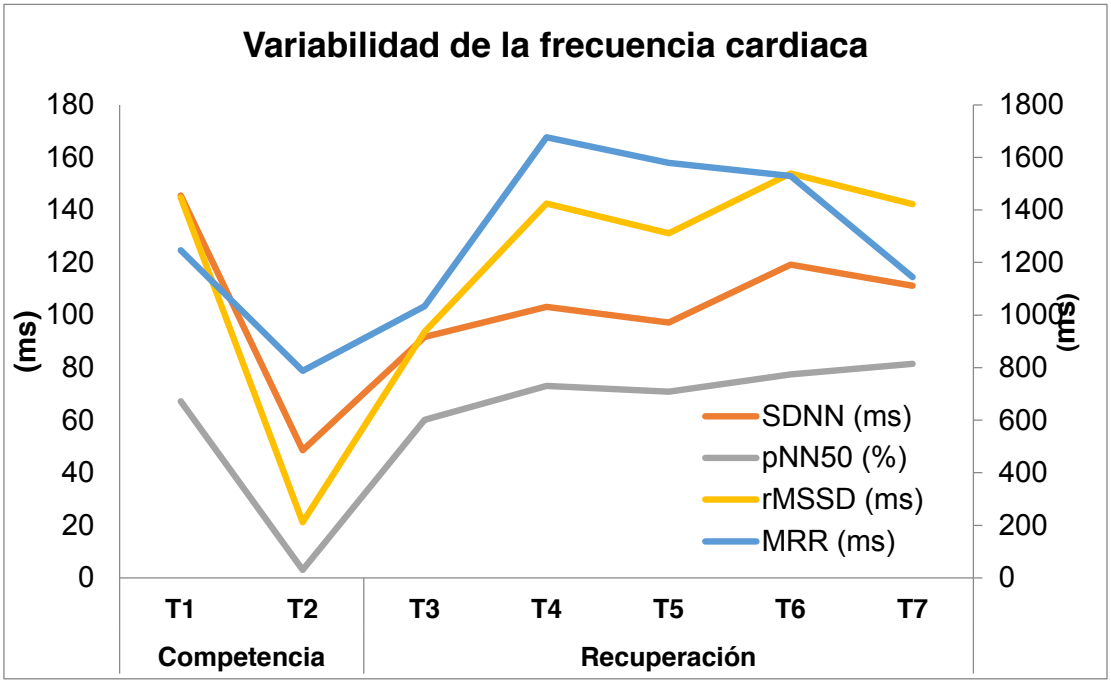


Figura 7. VFC durante un periodo de competencia y recuperación.

Tabla 4. Resultados de las evaluaciones físicas.

Etapa		$V_{máx}$ (Km/h)	Tiempo (seg)	$VO_{2máx}$ (ml/kg/min)	$FC_{máx}$ (L/min)
Macrociclo 1	Evaluación 1	17.6	45	54.5	182
	Evaluación 2	17.6	52	54.5	182
Macrociclo 2	Evaluación 3	18	56	65.22	181

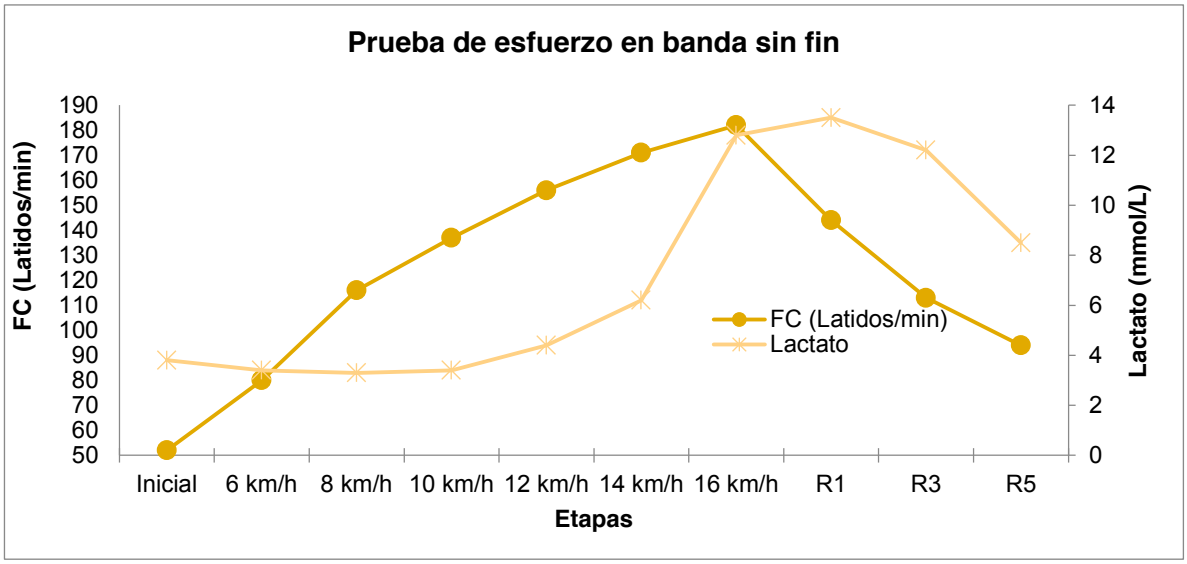


Figura 8. Representación gráfica de los resultados obtenidos en la Evaluación Control.

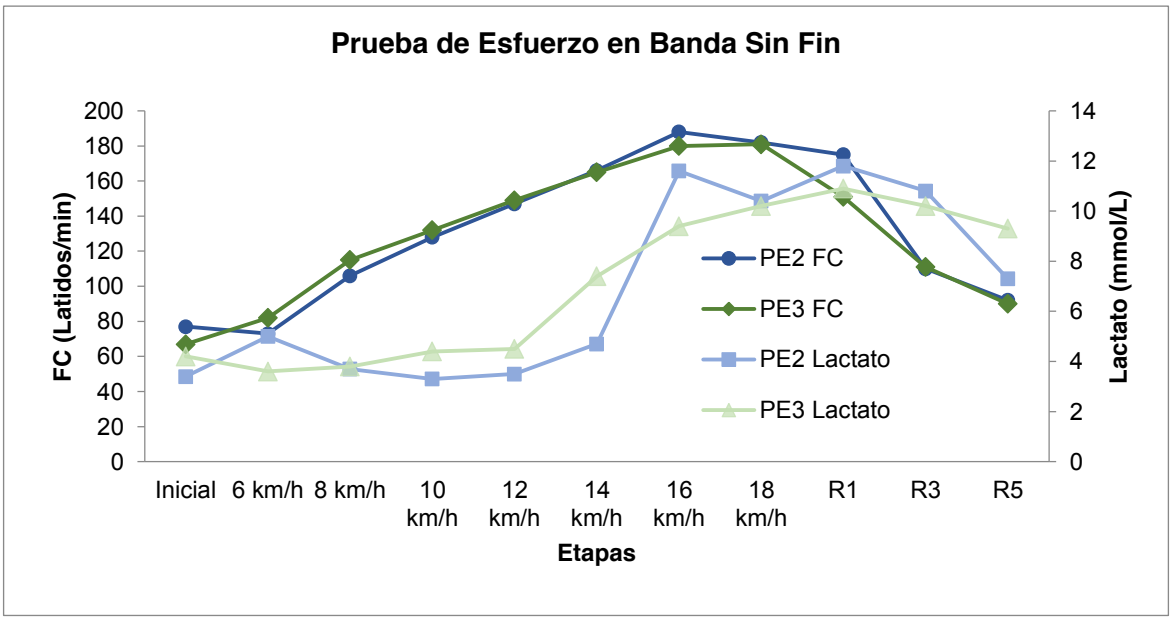


Figura 9. Representación gráfica de los resultados obtenidos en las Evaluaciones 1 y 2.

Evaluación de Etapas

Al realizar una comparación de las variaciones en las concentraciones de los indicadores de volumen e Intensidad presentados en la tabla 5 podemos observar que el objetivo de las cargas de entrenamiento fue diferente en los dos macrociclos. En la figura 10 se convinaron los valores de la tabla 3 y 5, logrando observan valores mayores de Urea durante el macrociclo 2 lo que indica un predominio de volumen, mientras que en el macrociclo 1 se presentó un predominio en la intensidad con valores aumentados de CK (Figura 11). Estas aseveraciones las podemos obtener realizando este tipo de análisis las cuales podrían ser traslapadas con el diseño del entrenamiento realizado por el entrenador.

Tabla 5. Valores de volumen (Urea) e intensidad (CK) durante un segundo periodo de entrenamiento.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Urea (mg/dL)	43.8	49.5	27	42.3	47.7	36.1	35.8	37.3
CK (U/L)	103	77.1	158	189	36.1	84.4	184	136

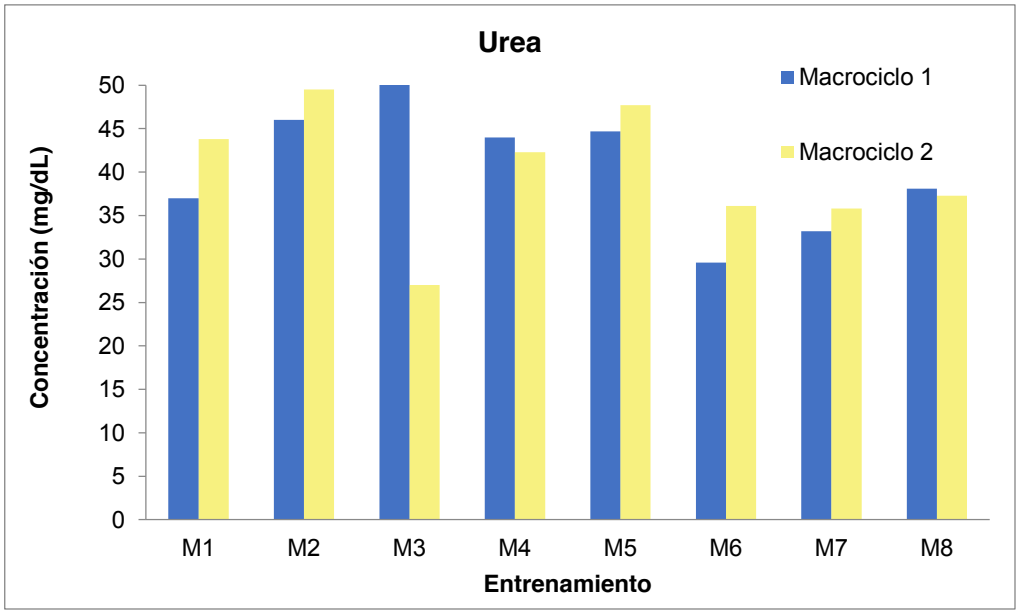


Figura 10. Comparación del comportamiento del Indicador de Volumen (urea) durante dos Macrociclos diferentes.

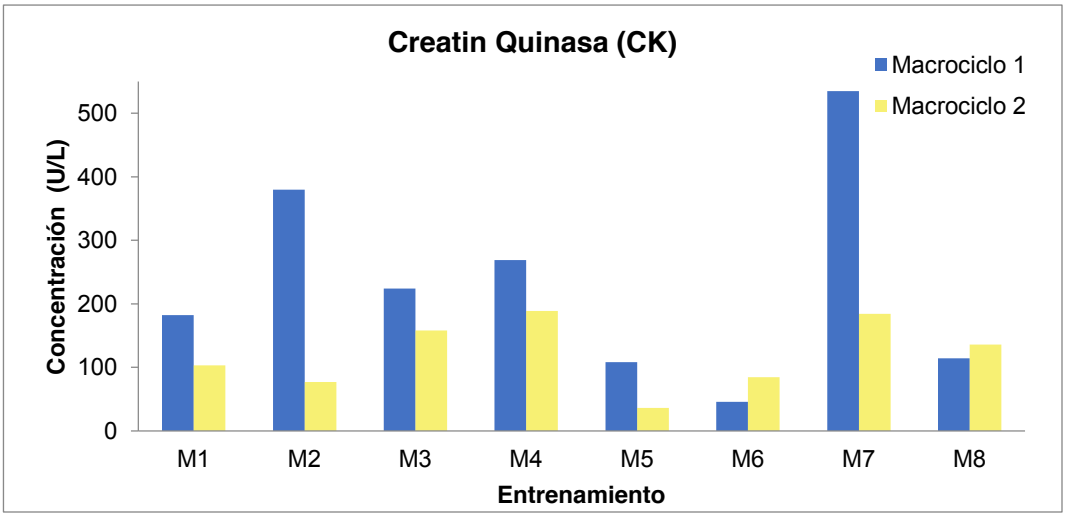


Figura 11. Esquema comparativo del comportamiento del Indicador de Intensidad (CK) durante dos macrociclos diferentes.

Aportaciones practicas del entrenamiento biológico

Con base al comportamiento de las variables analizadas se puede concluir que el control biológico es una herramienta útil para evaluar el rendimiento físico de los atletas, ya que porporciona información acerca de los cambios fisiólogicos que ocurren como consecuencia de una actividad física extenuante. Además de obtener datos acerca del estado de salud del atleta, con la evaluación de marcadores biológicos el entrenador podrá realizar ajustes en el tiempo de recuperación para posteriores entrenamientos sin afectar el estado de rendimiento.

Referencias

1. Bobovčák, M., Kuniaková, R., Gabriž, J. & Majtán, J. (2010). Effect of Pleuran (β-glucan from Pleurotus ostreatus) supplementation on cellular immune response after intensive exercise in elite athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*, *35*, 755–762. doi:10.1139/H10-070
2. Brancaccio, P., Lippi, G. & Maffulli, N. (2010). Biochemical markers of muscular damage. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine : CCLM / FESCC*, *48*(6), 757–67. doi:10.1515/CCLM.2010.179
3. Brancaccio, P., Maffulli, N. & Limongelli, F. M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*, *81-82*, 209–30. doi:10.1093/bmb/ldm014
4. Bricout, V.-A., Dechenaud, S. & Favre-Juvin, A. (2010). Analyses of heart rate variability in young soccer players: the effects of sport activity. *Autonomic Neuroscience : Basic & Clinical*, *154*(1-2), 112–6. doi:10.1016/j.autneu.2009.12.001
5. Cachadiña, E. (2012). Estudio comparativo de los perfiles semanales de creatin kinasa, urea y variabilidad de la frecuencia cardiaca en remeros de élite españoles. *Archivos de Medicina …*, *29*, 952–958.
6. Calderón-Montero, F. J., Benito-Peinado, P. J., Melendez-Ortega, A. & González-Gross, M. (2006). Control biológico del entrenamiento de resistencia. (Biological control of endurance training.). *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, *2*(2), 65–87. doi:10.5232/ricyde2006.00205
7. Cejuela, R. & Esteve-Lanao, J. (2011). Training load quantification in triathlon. *Journal of Human Sport and Exercise*, *6*(2 (Suppl.)), 218–232. doi:10.4100/jhse.2011.62.03
8. Chalencon, S., Busso, T., Lacour, J.-R., Garet, M., Pichot, V., Connes, P., … Barthélémy, J. C. (2012). A model for the training effects in swimming demonstrates a strong relationship between parasympathetic activity, performance and index of fatigue. *PloS One*, *7*(12), e52636. doi:10.1371/journal.pone.0052636
9. Chamorro-Viña, C., Fernandez, M. & Tacón, A. M. (2014). Excessive Exercise and Immunity: The J-Shaped Curve. In J. J. Robert- McComb, R. L. Norman & M. Zumwalt (Eds.), *The Active Female* (pp. 357–372). New York, NY: Springer New York. doi:10.1007/978-1-4614-8884-2
10. Christoforidi, V., Koutlianos, N., Deligiannis, P., Kouidi, E. & Deligiannis, A. (2012). Heart rate variability in free diving athletes. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *32*, 162–166. doi:10.1111/j.1475-097X.2011.01070.x
11. Coelho, D. B., Morandi, R. F., Melo, M. A. A. De & Garcia, E. S. (2011). Creatine kinase kinetics in professional soccer players during a competitive season. *Revista Brasileira de Cineantropometria E Desempenho Humano*, *13*(3), 189–194. doi:10.5007/1980-0037.2011v13n3p189
12. Concepcion-Huertas, M. (2013). Changes in the redox status and inflammatory response in handball players during one-year of competition and training. *Journal of Sports …*, *31*(11), 1197–207. doi:10.1080/02640414.2013.773404
13. D'Ascenzi, F., Alvino, F., Natali, B. M., Cameli, M., Palmitesta, P., Boschetti, G., … Mondillo, S. (2014). Precompetitive assessment of heart rate variability in elite female athletes during play offs. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *34*(3), 230–6. doi:10.1111/cpf.12088
14. Diaz, E., Ruiz, F., Hoyos, I., Zubero, J., Gravina, L., Gil, J., … Gil, S. M. (2010). Cell damage, antioxidant status, and cortisol levels related to nutrition in ski mountaineering during a two-day race. *Journal of Sports Science and Medicine*, *9*(March), 338–346.
15. Edmonds, R. C., Sinclair, W. H. & Leicht, A. S. (2013). Effect of a training week on heart rate variability in elite youth rugby league players. *International Journal of …*, *34*, 1087–1092.
16. Falone, S., Mirabilio, a, Pennelli, a, Cacchio, M., Di Baldassarre, a, Gallina, S., … Amicarelli, F. (2010). Differential impact of acute bout of exercise on redox- and oxidative damage-related profiles between untrained subjects and amateur runners. *Physiological Research / Academia Scientiarum Bohemoslovaca*, *59*(6), 953–61.
17. Faruk Ugras, A. (2012). Effect of high intensity interval training on elite athletes' antioxidant status. *Science & Sports*, *28*(5), 253–259. doi:10.1016/j.scispo.2012.04.009
18. Hartmann, U. & Mester, J. (2000). Training and overtraining markers in selected sport events. *Medicine and Science in Sports and …*, *32*(1), 209–15. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10647551
19. Jürimäe, J., Mäestu, J., Jürimäe, T., Mangus, B. & von Duvillard, S. P. (2011). Peripheral signals of energy homeostasis as possible markers of training stress in athletes: a review. *Metabolism: Clinical and Experimental*, *60*(3), 335–50. doi:10.1016/j.metabol.2010.02.009
20. Kenney, K., Landau, M. E., Gonzalez, R. S., Hundertmark, J., O'Brien, K. & Campbell, W. W. (2012). Serum creatine kinase after exercise: drawing the line between physiological response and exertional rhabdomyolysis. *Muscle & Nerve*, *45*(3), 356–62. doi:10.1002/mus.22317
21. Leicht, C. A., Bishop, N. C. & Goosey-Tolfrey, V. L. (2011). Mucosal immune responses to treadmill exercise in elite wheelchair athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *43*(8), 1414–21. doi:10.1249/MSS.0b013e31820ac959
22. Lozano, A. & Moro, M. (2012). Parámetros bioquímicos a lo largo de tres microciclos de entrenamiento intenso en triatletas de élite. *Archivos de Medicina Del Deporte*, *29*, 669–679.
23. Makivić, B., Nikić, M. & Willis, M. (2013). Heart Rate Variability (HRV) as a Tool for Diagnostic and Monitoring Performance in Sport and Physical Activities. *Journal of Exercise Physiology*, *16*(3), 103–131.
24. Margonis, K., Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Douroudos, I., Chatzinikolaou, A., … Kouretas, D. (2007). Oxidative stress biomarkers responses to physical overtraining: implications for diagnosis. *Free Radical Biology & Medicine*, *43*(6), 901–10. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2007.05.022

25. Medina, S., Domínguez-Perles, R., Cejuela-Anta, R., Villaño, D., Martínez-Sanz, J. M., Gil, P., … Gil-Izquierdo, A. (2012). Assessment of oxidative stress markers and prostaglandins after chronic training of triathletes. *Prostaglandins & Other Lipid Mediators*, *99*(3-4), 79–86. doi:10.1016/j.prostaglandins.2012.07.002
26. Mougios, V. (2007). Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *British Journal of Sports Medicine*, *41*(10), 674–8. doi:10.1136/bjsm.2006.034041
27. Neubauer, O., König, D., Kern, N., Nics, L. & Wagner, K.-H. (2008). No indications of persistent oxidative stress in response to an ironman triathlon. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *40*(12), 2119–28. doi:10.1249/MSS.0b013e3181824dab
28. Nicolas, M., Banizette, M. & Millet, G. Y. (2011). Stress and recovery states after a 24 h ultra-marathon race: A one-month follow-up study. *Psychology of Sport and Exercise*, *12*(4), 368–374. doi:10.1016/j.psychsport.2011.03.005
29. Nieman, D. C. (2000). Exercise effects on systemic immunity. *Immunology and Cell Biology*, *78*, 496–501.
30. Nieman, D. C. (2012). Clinical implications of exercise immunology. *Journal of Sport and Health Science*, *1*(1), 12–17. doi:10.1016/j.jshs.2012.04.004
31. Soto, J., Trujillo, J. & Niño, E. (2013). Cuantificación de la respuesta bioquímica al entrenamiento específico de porteros profesionales durante un microciclo de fase competitiva. … *Revista de Las Ciencias de La …*, *1*(version 19), 2–11. Retrieved from http://revistas.ufasta.edu.ar/index.php/movu/article/view/1
32. Stanković, M. & Radovanović, D. (2012). Oxidative stress and physical activity. *SportLogia*, *8*(1), 1–11.
33. Suetake, N. (2010). Evaluation of autonomic nervous system by heart rate variability and differential count of leukocytes in athletes. *Health*, *02*(10), 1191–1198. doi:10.4236/health.2010.210175
34. Tong, T. K., Kong, Z., Lin, H., Lippi, G., Zhang, H. & Nie, J. (2013). Serum oxidant and antioxidant status following an all-out 21-km run in adolescent runners undergoing professional training--a one-year prospective trial. *International Journal of Molecular Sciences*, *14*(7), 15167–78. doi:10.3390/ijms140715167
35. Urdampilleta, A. (2013). Valoración bioquímica del entrenamiento: herramienta para el dietista-nutricionista deportivo. *Revista Española de …*, *17*(2), 73–83.
36. Varamenti, E. I., Kyparos, A., Veskoukis, A. S., Bakou, M., Kalaboka, S., Jamurtas, A. Z., … Kouretas, D. (2013). Oxidative stress, inflammation and angiogenesis markers in elite female water polo athletes throughout a season. *Food and Chemical Toxicology : An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, *61*, 3–8. doi:10.1016/j.fct.2012.12.001
37. Viru, A & Viru, M. (2001). Analisis y Control del Rendimiento Deportivo. Barcelona, España: Paidotribo.
38. Vesterinen, V. & Häkkinen, K. (2013). Heart rate variability in prediction of individual adaptation to endurance training in recreational endurance runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *23*(2), 171–180.
39. Wolach, B. (2012). Exercise and the immune system-Focusing on the effect of exercise on neutrophil functions. *Sports Medicine and Sports Injuries. Croatia: InTech …*, (7).
40. Yoshida, Y., Umeno, A. & Shichiri, M. (2013). Lipid peroxidation biomarkers for evaluating oxidative stress and assessing antioxidant capacity in vivo. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, *52*(1), 9–16. doi:10.3164/jcbn.12-112

Respuesta biológica de la foto sintonización como medio de recuperación en atletas tenistas de competencia con polimorfismos genéticos asociados a predicción a lesiones

Fernando Ochoa Ahmed, Juan Carlos Salazar Tovar y
José Alberto Valadez Lira

Introducción

El deporte del tenis ha evolucionado en los últimos tiempos producto de la cientificación de los procesos de preparación de los atletas dedicados a este deporte, este se ha reglamentado a tal nivel, que prácticamente el atleta tenista tiene que estar en un estado de rendimiento ideal toda la temporada competitiva, y es en este contexto en donde lograr y mantener indicadores de rendimiento físico y deportivo óptimos es planteado como el objetivo primordial de toda preparación.

Esta evolución en los últimos 20 años ha llevado a un creciente interés en la investigación del tenis. Los jugadores necesitan una mezcla de habilidades anaeróbicas, tales como la velocidad, agilidad y potencia, junto con la alta capacidad aeróbica.

La comprensión de los requerimientos metabólicos del tenis es fundamental para la orientación de la preparación física y también puede ser de interés para determinar las posibles ayudas ergogénicas a utilizar.

La programación del entrenamiento de un tenista está condicionada por un calendario de competencia cada vez más apretado y cada vez más específico. El caso, por ejemplo, de un tenista profesional de alta competencia incluye un período de 11 meses de trabajo competitivo con un total de 35 torneos como mínimo, una media de cuatro partidos por semana. Añadiendo el desgaste de los juegos finales, defender la clasificación, exhibiciones y otros compromisos contractuales. Todo ello, incide evidentemente en el estado físico y, por lo tanto, también debe tomarse en cuenta en cualquier planificación.

Bjorn Borg excelente tenista considerado como uno de los mejores en la historia, dejó claro que sin unas cualidades físicas excepcionales, sería imposible en el futuro ganar los grandes eventos del tenis.

El nivel de exigencia dentro del entrenamiento y de la competencia en el tenis va siempre al máximo. Cuando el calendario de competencia y la calidad de los rivales es cada vez mayor, no se puede caer en un decremento en el entrenamiento, y esto, demanda la utilización de medidas ergogénicas de recuperación eficientes.

Por otro lado, entrenamientos de alto volumen e intensidad son acompañados de respuestas que son notablemente similares en muchos aspectos a los que son inducidos por la infección, sepsis o traumatismo. Se produce un aumento del número de leucocitos circulantes (principalmente linfocitos y neutrófilos). También se producen aumentos en las concentraciones plasmáticas de citosinas inflamatorias, como la TNF-alfa, citosinas antiinflamatorias IL-6, IL-10, y la IL-1-antagonista del receptor (IL-1ra), y proteínas de fase aguda incluyendo la proteína C-reactiva.

Como consecuencia del daño muscular y la inflamación causada por el ejercicio, se originan alteraciones y desajustes del sistema inmunológico. Durante y después del ejercicio intenso, se produce un aumento de las citosinas proinflamatorias. Estas y otras citosinas median en una amplia gama de eventos metabólicos que afectan todos los sistemas orgánicos del cuerpo. Las ayudas ergogénicas con efecto sinmunomoduladores son solicitados por los deportistas de alto nivel.

La respuesta inmune al ejercicio intenso es una de tantas circunstancias que tiene la capacidad de alterar la interacción de los átomos y moléculas de nuestro cuerpo, por lo tanto también la capacidad de alterar el funcionamiento de todo nuestro organismo.

La molécula de ADN es la que permite el acceso al plano físico donde se genera y controla el fenómeno de la vida. Estas moléculas vibran al unísono y se comportan como una sola súper molécula, estableciendo un patrón energético. Nuestro organismo genera corrientes medibles, lo que explica que distintos tipos de campos que nos puedan afectar, mejorando o debilitando las nuestras.

Cuando en la célula se alteran sus funciones, evita que desempeñe y multiplique correctamente, sucediendo a manera multicelular y teniendo como consecuencia la enfermedad. Existen métodos terapéuticos que utilizan radiaciones de distintas longitudes de onda para prevenir y tratar enfermedades.

El entrenamiento deportivo busca romper el estado de equilibrio de nuestro organismo para producir adaptaciones que permitan lograr ese equilibrio a un súper nivel. Produciendo un efecto inmediato al estímulo del entrenamiento en nuestro organismo que bien podríamos considerar como un estado de enfermedad.

Además, hay que recordar que existe otro factor que determina el éxito de un atleta: la genética. Esta tiene una gran influencia sobre componentes del rendimiento atlético como lo son fuerza, potencia, resistencia, tamaño y composición de fibras musculares, flexibilidad, condición neuromuscular, coordinación, temperatura, predisposición a lesiones entre otros.

A continuación se enlistan algunas de las principales variantes genéticas identificadas hasta la fecha en estudios con atletas elites en genes con importancia en rendimiento deportivo.

Categoría	Genes
Resistencia, Poder y Energía	***ACE,*** *ACTN3 ADRB2/ADRB3, AGT, BDKRB2, COL541, GNB3*
Energía	*HIF1A, PPARGC1A*
Musculatura	*HFE,H1F1A, IGF1, IL1B, NAT2*
Capacidad cardíaca	*CREB1, KIF5B. NOS3, NPY*
Capacidad pulmonar	*ADRB1, APOE, NRF1*
Metabolismo	*AMPD1, APOA1, PPARA*
Recuperación	***CKMM****/CKM,* ***IL6***

Los genes *ACE*, *CKMM* e *IL6* son de los más estudiados en el área de genética del deporte ya que están relacionados a predisposiciones individuales en cuanto a resistencia y velocidad, predisposición a lesiones y capacidad de recuperación, respectivamente. La relación de estos polimorfismos con el rendimiento atlético puede influenciar a que los individuos tengan una mejor participación en su salud a través de la identificación y aprovechamiento

de sus habilidades atléticas, así como para mejorar en áreas con predisposición menos favorable y así reducir el riesgo de lesiones futuras.

Problemática

Actualmente en el deporte profesional o amateur se puede observar que los atletas pierden un partido importante, no clasifican a un evento, se les acumulan competencias en un tiempo establecido o hasta han dejado de ganar esa presea olímpica; todo a causa de la fatiga.

A esto le aunamos que en las últimas décadas la exigencia física se ha incrementado en todos los deportes, es por ello que los deportistas se deben adaptar a las circunstancias mediante un cambio en el entrenamiento así como buscar los medios correctos de recuperación.

Sin embargo esto no ha sido suficiente para alcanzar el logro deportivo por lo que algunos han llegado a utilizar sustancia prohibidas para acelerar el proceso de recuperación.

Los medios de recuperación van encaminados a incrementar la resistencia del organismo a las cargas, eliminar las formas agudas de cansancio, completar eficazmente los recursos energéticos y acelerar las reacciones de adaptación. El deportista que recupera adecuadamente podrá entrenar más tiempo y de una mejor manera.

La fotosintonización

La foto sintonización se ofrece como una herramienta que utiliza ondas de alta potencia, ya sea de luz o sonido acompañados de señales electromagnéticas multifrecuenciales de baja potencia.

Esta propuesta busca establecer el uso de la fototerapia como medio de recuperación post esfuerzo ya que permite que el código genético regrese a su estado primordial, restableciendo los programas moleculares, y por lo tanto, el funcionamiento adecuado de los órganos y sistemas.

La exposición gradual de la terapia de foto sintonización ayuda al atleta a recuperarse en menor tiempo después de una sesión de entrenamiento esto a su vez provoca que incremente su nivel de rendimiento físico al aprovechar al máximo las cargas y también los liberará de la farmacodependencia o consumo de sustancias prohibidas.

Objetivos.

- Determinar el efecto de la fotosintonización en la modulación de la inflamación validado por la actividad de citocinas inflamatorias y la enzima creatin quinasa en los perfiles genéticos asociados a predicción de lesiones en atletas tenistas de alto rendimiento.
- Determinar la relación de perfiles genéticos con parámetros físico-metabólicos y su influencia en la predisposición y recuperación de lesiones en estadios iniciales y por otra parte mediante el empleo de la plataforma tecnológica de foto sintonización reducir el efecto inflamatorio.

Hipótesis

El uso de la fotosintonización ayuda a la modulación de la inflamación validado por la actividad de citocinas inflamatorias y la enzima creatin quinasa en los perfiles genéticos asociados a predicción de lesiones en atletas tenistas de alto rendimiento de Nuevo León.

Novedades e importancia de la investigación.

Anteriormente se desconocía la influencia de la terapia de fotosintonización con respecto a los factores genéticos que participan en el rendimiento deportivo. Los estudios que se han realizado son relacionados a las asociaciones de genes de cierto grupo de deportes o etnias. Por lo que al estudiar una población de atletas tenistas de nivel nacional de alto rendimiento como prototipo para poder describir y asociar la recuperación post esfuerzo con los factores genéticos al rendimiento deportivo, se sentaron las bases para generar una base para desarrollar una preparación física y técnico táctica eficiente para el genotipado de los deportistas y así optimizar los entrenamientos por medio de la implementación de un medio de recuperación que permite que el código genético regrese a su estado primordial, restableciendo los programas moleculares, y por lo tanto, el funcionamiento adecuado de los órganos y sistemas.

La creación de tablas de correlación de polimorfismos genéticos vs parámetros físicos-metabólicos en tenistas de competencia sometidos a sobrecarga física.

Establecer una correlación entre el uso de la fotosintonización y los diferentes perfiles genéticos.

El uso de la terapia de foto sintonización como medio de recuperación post esfuerzo en personas que practiquen alguna actividad física o deportiva.

Fundamentación teórica

Generalidades de la actividad física y rendimiento en el deporte de tenis de competencia.

Un juego de tenis involucra una variedad de jugadas incluyendo los servicios, el peloteo, movimientos rápidos y jugadas estratégicas. Algunos beneficios del tenis a la salud son: la incrementación de las capacidades aeróbicas, reducción del ritmo cardiaco en reposo y la presión sanguínea, mejora las funciones metabólicas , disminuye la masa corporal, y mejora el tono muscular, la fuerza y la flexibilidad.

Dentro de las cualidades que un tenista de alto nivel debe reflejar tanto en entrenamiento como en competencia sobresale la adecuada recuperación de esfuerzo a esfuerzo (25 segundos entre puntos), en los cambios de cancha (90 segundos), así como en competencias y pretemporadas de un partido a otro, en donde el atleta es requerido para volver a competir en cualquiera de las modalidades en las que se encuentra participando.

El rendimiento en el deporte de tenis es multifactorial ya que se debe a una integración de elementos tanto fisiológicos, biomédicos, psicológicos los cuales tienen una influencia considerable en el resultado de cada partido. En una competencia, la integración de estos elementos del rendimiento es desafiado por variables de condiciones ambientales como las

condiciones de las canchas de juego, la duración de los partidos, y las estrategias de juegos.

Como en todos los deportes y sobre todo en atletas de alto rendimiento siempre hay una probabilidad de predisponer a una lesión debido a los procesos cortos de entrenamientos o por los partidos a corto plazo, estas lesiones se deben a múltiples factores. Sin embargo, estas pueden reducir si se evita competir con alguna enfermedad, lesión residual, evitar repetir en exceso un mismo movimiento cuando el atleta tiene sobrecarga física, asegurarse de tener adecuados niveles nutricionales y fluidos corporales.

Inflamación y Lesiones musculares

Lesión en términos generales es todo proceso patológico agudo o crónico que destruye o altera los tejidos u órganos. Entre los tipos más frecuentes de lesiones deportivas se encuentran:

- Accidente deportivo: patología única, macro traumatismo.
- Lesión: es aquella que aparta al atleta de la realización habitual de la disciplina deportiva que practica.

En Alto Rendimiento, la lesión deportiva es debida a cargas intensas sobre individuos poco preparados físicamente, mala metodología del entrenamiento e insuficiente calentamiento previo. Por otra parte, existen factores que influyen en la aparición de lesiones deportivas que dependen del propio deportista (endógenos), causándole una disminución de sus capacidades orgánicas para soportar esfuerzos continuos y cargas progresivas de entrenamiento.

Las lesiones por sobrecarga se deben a la aplicación de cargas incorrectas y excesivas durante el entrenamiento, esfuerzos repetidos sobre la misma región músculo-esquelético del individuo, deficiencia del entrenamiento de fuerza, hipermovilidad de las articulaciones, defectos axiales, vicios posturales, falta de coordinación y equilibrio, defectos de la técnica deportiva y desconocimiento de la biomecánica (Navarro et al., 2007).

Una de las razones que llevan a un deportista a sufrir dolor muscular es la inflamación, la cual esta modulada por citocinas inflamatorias reguladas por el sistema inmune en respuesta a la sobrecarga física, entre las más representativas se encuentran Creatin Quinasa (CK) interleucina 6 (IL-6), Factor de necrosis tumoral alfa TNF-α y la proteína C-Reactiva los cuales sirven como indicadores de inflamación.

Entre las opciones de recuperación post-ejercicio para reducir la inflamación se emplean convencionalmente anti-inflamatorios, masajes relajantes, crioterapia, dichos métodos suelen servir como calmantes inmediatamente después de una competencia pero no eliminan el dolor totalmente ni los procesos de inflamación.

El tenis profesional involucra movimientos potentes repetitivos lo que somete al sistema musculo-esquelético a una carga mecánica pesada. Los tenistas son expuestos a un alto riesgo de lesiones por uso excesivo lo que incluye fracturas por estrés. En un estudio realizado por Maquirriain y Ghisi (2005) determinaron que la incidencia de fracturas por estrés, siendo las más comunes la pars interarticularis y la fíbula, fue significativamente mayor en tenistas juniors o en formación en un 20.3% en comparación a los jugadores profe-

sionales 7.5%. Por lo tanto concluyeron que los tenistas juniors tienen un mayor riesgo. Las lesiones son una de las causas principales para la disrupción tanto del entrenamiento como de la competencia en donde dichos factores de riesgo deben de ser identificados como acciones preventivas. A su vez determinaron que la incidencia de presentar más de una lesión en la temporada era de 2.9% y el tiempo promedio de retorno a una competencia después de presentar una lesión fue de 15.1 semanas.

Rendimiento físico su relación con la enzima convertidora de angiotensina (ACE)

El rendimiento físico humano está influenciado por múltiples factores tanto ambientales como genéticos, estudios recientes han vinculado fuertemente algunas variantes génicas entre ellas la variación en la estructura del gen de la enzima convertidora de Angiotensina (*ACE*) que ha sido ampliamente estudiada para explicar el rendimiento físico en características de resistencia y velocidad.

El sistema renina-angiotensina (RAS) es un sistema hormonal que juega un rol homeostático en la circulación humana. La enzima convertidora de angiotensina ACE es la responsable de la ruptura de las cininas vasodilatadoras mientras promueve la formación de los vasoconstrictores angiotensina II (ANGII). ANG II estimula la liberación de aldosterona suprarrenal, dejando así la retención de sales y agua. De este modo, el volumen de sangre y la presión son influenciadas.

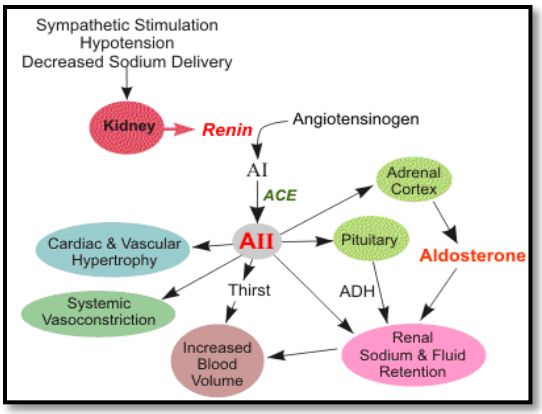


Diagrama representativo del sistema hormonal renina-angiotensina (RAS). (Tomada del libro: Cardiovascular *Physiology Concepts* 2011).

La regulación y el decremento en los tejidos de los niveles de ACE están asociados a una de las variantes del gen *ACE* el cual puede incrementar los niveles locales de bradiquininas y así mejorar el rendimiento por la vía de mecanismos que mejoran la eficiencia metabólica miocardial, a su vez, las bradiquininas puede mejorar los niveles de fosfato que es altamente energético, reducir la concentración de lactato y preservar las reservas de glicógeno y así incrementar la cardiodinámica (Myerson et al., 1999).

Lesiones musculares y la participación de la enzima Creatin Quinasa (CK)

En el deporte del tenis el daño muscular es inducido por el ejercicio y la ocurrencia común en actividades con componentes excéntricos altos, como los servicios, golpes y los desplazamientos continuos durante el partido. Los síntomas más comunes que acompañan este evento son dolor e inflamación muscular, incremento en los niveles de proteínas musculares y discapacidad en el funcionamiento normal del musculo en cuestión.

Hornery et al., (2006) reportarón que un indicativo de daño muscular es el incremento significativo de creatin quinasa (CK) en circulación. El daño surgido por las numerosas contracciones puede representar un importante factor que subraya la fatiga observada durante el tenis.

La creatina es un antioxidante, neuromodulador y un regulador clave para el metabolismo energético que comúnmente es reconocida como una ayuda ergogénica usada por los atletas e individuos que quieren incrementar la masa muscular y el rendimiento físico durante intervalos breves de actividades extremadamente intensas y que rápidamente agota los depósitos de energía muscular.

Los músculos obtienen energía hidrolizando cantidades significativas de moléculas de adenosin trifosfato (ATP), que es la energía principal dentro de las células. Las concentraciones de ATP dentro de las células musculares normalmente no fluctúan debido a las reservas de creatina (fosfocreatina) que inmediatamente y constantemente están reponiendo energía así como está siendo usada.

La mayoría de los tejidos expresan una combinación de dos tipos de creatin quinasa (CK) dentro de una sola célula de un total de 4 que existen ,creatin quinasa de tipo muscular, tipo mitocondrial sarcomérica, tipo cerebral y tipo mitocondrial (Kaldis et al., 1996).

Las enzimas de creatin quinasa catalizan la fosforilación de creatina a través del consumo de una molécula de ATP para poder formar las reservas de fosfocreatina (PCr), la cual sirve como depósito de energía. Cuando se requiere energía, la CK cataliza la transferencia de un grupo fosfato de fosfocreatina (PCr) al ADP para formar ATP. Esta es una reacción reversible para poder ejercer los cambios de energía celular que exija el musculo. La PCr es el paso limitante en la rápida re-síntesis de ATP cuando incrementa la demanda de energía. Este circuito de creatina- creatin quinasa- fosfocreatina es como un termostato bioenergético que rápidamente repone ATP en el tejido para mantener los niveles estables cuando se demanda energía (Wyss & Schulze, 2002).

La isoenzima de CK especifica de músculo, la variante CK-MM se localiza en la línea M y en el retículo sarcoplásmico de las miofibras (Roman et al., 2007). La enzima CK-MM mantiene la energía homeostática proveyendo un estado de suplemento de PCr, el cual es crítico para mantener el Ca^{2+} -ATPasa del retículo sarcoplásmico y a otras enzimas dependientes de energía (Field et al. 2006).

En la miofibrilla, al inicio de la contracción muscular, la concentración de ADP aumenta a medida que disminuye los niveles de ATP. En esta situación CK cataliza la reacción transfiriendo un radical fosforilo al ADP, restaurando rápidamente la concentración de ATP. Esta enzima constituye una reserva energética que se utiliza rápidamente por el músculo esquelético y otros tejidos. Este proceso de obtención de energía, pasados 10 segundos, da lugar a otros mecanismos, como la glucólisis anaerobia y por último la respiración celular, que toma el relevo después de unos dos minutos hasta el final del ejercicio muscular.

Altos niveles séricos de CK en sujetos sanos se correlaciona con su estatus de entrenamiento físico ya que el ejercicio extenuante causa daño en las células del musculo esquelético resultando en la liberación de CK mostrando así un incremento de esta enzima en suero.

Inflamación e Interleucina 6 (IL-6)

La interleucina 6 (IL-6) es una citocina intracelular que tradicionalmente se asocia con el control y coordinación de la respuesta inmune. Esta es producida por muchos tipos celulares, incluyendo los monocitos estimulados, macrófagos, fibroblastos, y las células endoteliales vasculares. Además los neutrófilos y las células del musculo esquelético son también una rica fuente de IL-6 bajo ciertas condiciones.

La citocina IL-6 ha demostrado tener un efecto lipolítico, posiblemente jugando un rol en la movilización de energía de los ácidos grasos libres en respuesta al ejercicio. Dado que IL-6 induce e incrementa la aparición y desaparición de ácidos grasos libres, el incremento de la producción de IL-6 en tejido adiposo puede proveer un puente entre el musculo esquelético contráctil para potenciar el metabolismo de las grasas. La producción de esta interleucina en tejido adiposo se extiende en el periodo de recuperación reflejando la necesidad de incremento de ácidos grasos libres y oxidación grasa post-ejercicio cuando el glicógeno es bajo (Keller et al., 2003).

La IL-6 es la primera citocina presente en circulación durante el ejercicio, el nivel de circulación de IL-6 incrementa de manera exponencial en respuesta al ejercicio, y declina en el periodo post-ejercicio. Los altos niveles de IL-6 en respuesta al ejercicio extenuante han sido repetidamente relacionados con una respuesta protectora ya que en estos casos no se observa ningún daño muscular. El incremento IL-6 en plasma está ligado a la intensidad del ejercicio, duración, masa muscular y la capacidad de resistencia (Anne et al., 2005).

Aunque la reacción inflamatoria usualmente tiene un impacto benéfico en los tejidos ya que remueve la debris celular y favorece la regeneración de tejido. Debe enfatizarse que también puede tener efectos contrarios, especialmente cuando el efecto es exagerado o fuera de control. La inflamación es proporcional al grado de daño muscular y juega un rol importante en la regulación de adaptación al ejercicio (Tidball et al., 2005).

Durante el ejercicio la IL-6 es producida por las fibras musculares, además estimula la aparición en circulación de otras citocinas antiinflamatorias como IL-1 e IL-10 y, a su vez, inhibe la producción de citocinas inflamatorias como TNF-α. Adicionalmente IL-6 potencia el recambio lipídico, estimulando la oxidación de grasa ayudando a la recuperación muscular (Swan et al., 2012).

Polimorfismos Genéticos

Los polimorfismos genéticos son variaciones genéticas en determinados lugares de una secuencia que permite tener diferentes alelos de un gen, estos polimorfismos actúan como mediadores potenciales de la fisiología y salud humana. En cuanto al rendimiento y actividad física, éstos son blancos para asociar dichas variantes con la respuesta al ejercicio y así poder extrapolar al área de la salud, en donde muchos grupos de investigación están en-

focados en el papel de la predisposición genética para entender el rendimiento y resistencia en el área de deporte. Hay alrededor de 170 variantes de secuencias de genes, 17 marcadores mitocondriales de DNA y 25 marcadores genéticos nucleares adicionales en el mapa del genoma humano los cuales están relacionados a fenotipos de rendimiento físico así como al buen fitness físico (Rankinen et al., 2006).

En un estudio realizado por De Moor (2007), se estableció que la heredabilidad del estatus atlético es estimada aproximadamente en un 66%.

Polimorfismos en el Gen *ACE* , enzima convertidora de angiotensina

La enzima es codificada por el gen *ACE* localizado en el cromosoma 17 e incluye 3 genotipos distintos el *DD* homocigoto, *ID* Heterocigoto y el genotipo *II* Homocigoto, este último es responsable de producir altos niveles de la enzima convertidora de angiotensina en plasma, así como de aumentar la conversión de angiotensina II que actúa como un potente regulador de la estabilidad de las funciones vasculares (Mayne et al., 2006).

Entre las variantes polimórficas del gen *ACE* denominadas alelos (forma alternativa de un gen) la más importante y relacionada en rendimiento deportivo es *ACE I/D* (rs4646994), se caracteriza por una inserción en el alelo (*I*) o una deleción en el alelo (*D*) examinada extensivamente en el campo de la medicina por su participación en un gran número de condiciones y patologías como la diabetes, la insuficiencia renal, Alzheimer y muchas otras enfermedades cardiovasculares (Tanriverdi et al., 2005).

El alelo *I*, el cual presenta una inserción de 287pb, está asociado con una menor cantidad en suero y tejido de actividad de ACE y se ha asociado a un mejor rendimiento en los deportes de resistencia. La variante *D,* está asociada con una mayor circulación y actividad en tejido de la enzima ACE, y se ha asociado a un rendimiento mejor en los deportes que requieren movimientos de potencia cortos, y deportes que involucran carreras (Ma F et al., 2013).

En un estudio realizado en el 2001 en atletas rusos relacionaron la frecuencia del alelo *DD* del gen *ACE* en velocistas en un 35 % y al alelo *II* en los atletas de media distancia y fondo en un 65%, por otra parte en este misma investigación encontraron una alta frecuencia con el alelo *DD* en atletas de pista y campo resaltando este polimorfismo en las disciplinas de corta distancia y velocidad. Concluyendo que el genotipo *II* predispone a un incremento en la resistencia brindando una homeostasis vascular y desarrollo anaerobio y aerobio, el genotipo *DD* brinda incremento en las condiciones vasculares y predisposición al desarrollo de velocidad de fuerza (Nazarov et al., 2001).

Distintas investigaciones subrayan la diferencia en frecuencias genéticas de las variantes del gen *ACE* entre deportes (Figura 3) así como la diferencia entre etnias , por lo tanto puede haber ciertos deportes en los cuales la resistencia es importante pero no la determinante en el éxito. En estos casos cualquier efecto del alelo *I* puede ser detectado solo en una pequeña cantidad de individuos. Es interesante notar la gran cantidad de reportes en los que se observa el exceso del alelo *D* en los nadadores. La mayoría de los eventos de natación tiene una duración de 2 minutos, y es la potencia por lo tanto en vez de resistencia la que juega un rol más importante. Es necesaria la investigación con grupos de atletas más numerosos y de distintas disciplinas para poder llegar a determinar de manera acertada las frecuencias de estas variantes dentro de la población deportista (Myerson et al., 1999).

Sport	n	ACE Genotype (Relative Frequency) DD	ID	II	P value	I Alelle Frequency	P value
Discus, hammer, javelin	12	0.25	0.50	0.25	1	0.50	1
High, long, and triple jumps	9	0	1.00	0	0.027*	0.50	1
Pole vault	7	0.14	0.86	0	0.147	0.43	0.593
Shot putt	7	0.14	0.71	0.14	0.535	0.50	1
Triathlon	10	0.20	0.60	0.20	0.766	0.50	1
Badminton, tennis	17	0.18	0.71	0.12	0.325	0.47	0.732
Canoeing	28	0.25	0.54	0.21	0.898	0.48	1
Diving, gymnastics	23	0.17	0.52	0.30	0.659	0.57	0.376
Hockey	53	0.25	0.47	0.28	0.768	0.52	0.560
Ice hockey	34	0.26	0.50	0.24	1	0.49	1
Figure skating	13	0.15	0.69	0.15	0.538	0.50	1
Speed skating	12	0.25	0.50	0.25	1	0.50	1
Judo, tae kwon do	20	0.20	0.40	0.40	0.301	0.60	0.206
Rowing	61	0.20	0.52	0.28	0.522	0.54	0.277
Skiing	12	0.17	0.33	0.50	0.135	0.67	0.102
Swimming	64	0.39	0.42	0.19	0.076	0.40	0.034*
1,500-m swimming	4	0.25	0.25	0.50	0.472	0.63	0.480
Weight lifting	12	0.17	0.50	0.33	0.717	0.58	0.414
Wrestling	6	0.50	0.50	0.00	0.472	0.25	0.083
Totals	404	0.24	0.52	0.24	0.650	0.50	0.526

*Significant at $P < 0.05$ level. P values for χ^2 analysis were compared with 1,906 healthy controls.

Figura 3. Distribución genotípica y frecuencia de los diferentes alelos en atletas olímpicos. Figura tomada de Saul Myerson et al., 1999.

Polimorfismo en el Gen *CK*, Creatin quinasa

El gen *CKMM* se encuentra localizado en el cromosoma 19q13.2-13.3 (Nigro et al., 1987). Se ha encontrado una gran cantidad de evidencia que sugiere que el polimorfismo *CKMM*-NcoI (rs1803285) en la región 3´no traducida puede contribuir a diferencias individuales en el rendimiento físico, se relaciona con el manejo de energía, respuesta a inflamación y reparación celular. Se ha encontrado también relación de este polimorfismo con el consumo de oxigeno dando una mayor ventaja en respuesta a el entrenamiento de resistencia. Este polimorfismo se trata de un cambio de Adenina (A) por Guanina (G) y hay una marcada diferencia en las frecuencias genotípicas dependiendo de la etnia y región de estudio, se ha demostrado que el polimorfismo *CKMM A/G* puede estar asociado a una actividad diferencial de *CKMM* en los miocitos (Rivera et al., 1997), a su vez, otros estudios han postulado que debido al cambio de base en la región 3´no traducida, el genotipo *CKMM* puede estar relacionado con la expresión y estabilidad de su mRNA (RNA mensajero) (Zhou et al., 2006).

En un estudio realizado por Heled et al., (2007) en el cual se investigaron las asociaciones de los polimorfismos de los genes *CKMM A/G* y *ACE I/D* se determinó que los participantes homocigotos para el genotipo *AA* tenían 6 veces más riesgo de tener un incremento significativo en los niveles de CK en respuesta al ejercicio comparados con los otros dos genotipos *GG* y *AG*, ellos concluyeron que el genotipo *CKMM AA* y el porcentaje de masa corporal puede ser pate de los mecanismos que explican la susceptibilidad a destrucción de musculo esquelético en respuesta al ejercicio extenuante. Un estudio similar de Yamin et al., (2007) en donde se comparaba el genotipo de *ACE I/D* con los niveles de creatin cinasa en sangre en respuesta a el ejercicio determino que el genotipo de *ACE II* impone una respuesta incrementada de CK por lo tanto hay un riesgo de desarrollar daño muscu-

lar y, a su vez, determinaron que el genotipo *ACE DD* tiene efectos de protección a lesiones.

Polimorfismos en el Gen *IL6*, Interleucina 6

Existe un gran número de polimorfismos en el gen *IL6* entre ellos el más importante en medicina del deporte es el polimorfismo -174 G/C (rs1800795) que se encuentra en la región 5´del promotor del gen *IL6* en el cromosoma 7. (Fishman et al., 1998). Este polimorfismo ha sido asociado con recuperación, manejo de energía, respuesta inflamatoria, potencia y velocidad.

Muchos estudios se han realizado para entender el rol de este polimorfismo en el desempeño deportivo, en el 2003 Roth y colaboradores investigaron la asociación entre este polimorfismo -174 *G/C* del gen *IL6* y la masa muscular en 242 individuos y encontraron una asociación significativa, siendo *IL6 G* el alelo favorable para presentar esta característica. Más adelante se asoció el alelo *G* de este polimorfismo con el incremento de la respuesta transcripcional tanto *in vivo* como *in vitro* del gen *IL6* (Bennermo et al., 2004).

Oberbach et al., (2008) determinaron que las variantes genéticas del gen *IL6* modifican significativamente los cambios en concentración sérica de esta interleucina en respuesta a programas de entrenamiento de larga duración. Los datos sugieren que los factores genéticos son un importante determinante para la respuesta individual a los efectos anti- inflamatorios del ejercicio de entrenamiento. Los sujetos que acarrean el alelo *IL6* -174 *C* presentan una significativa reducción de concentración sérica de IL-6.

Yamin et al., (2008) reportaron una fuerte asociación entre el alelo *C* y el daño en el musculo esquelético seguido de contracciones excéntricas en los músculos del codo en adultos jóvenes. Determinaron que esta variante juega un rol importante en la reacción inflamatoria asociada a la reparación del musculo esquelético después de daño. A su vez también se asoció este polimorfismo con otros índices de daño muscular como los niveles plasmáticos de Creatin quinasa, observando que los sujetos con uno o más alelos *IL6* -174 *C* tiene un mayor incremento de valores de CK que sujetos que contienen el alelo *G*. El genotipo *IL6*-174 *CC* está asociado con un mayor incremento en el riesgo de una respuesta masiva de CK. Los datos sugieren que el homocigoto para el alelo *C* es clínicamente un factor de riesgo para la lesión muscular inducida por el ejercicio.

Más adelante estudios realizados en el 2010 por Ruiz y su equipo demostraron que el genotipo *GG* y el alelo *G* son sobre expresados en atletas elites de potencia, para los cuales la fuerza e hipertrofia muscular es un fenotipo clave comparado con los atletas elites en resistencia o controles no atletas. Por lo tanto el alelo *G* puede favorecer el rendimiento de potencia y velocidad en los deportes.

Buxens et al., (2011) encontraron que de las 36 variables que analizaron solo 3 polimorfismos podían predecir el potencial de éxito atlético en cuanto a resistencia y potencia entre ellos el polimorfismo de *IL6* -174 G/C.

Medios de recuperación

Los medios de recuperación van encaminados a incrementar la resistencia del organismo a las cargas, eliminar las formas agudas de cansancio, completar eficazmente los recursos

energéticos y acelerar las reacciones de adaptación. El deportista que recupera bien podrá entrenar más y mejor.

En la actualidad, los diferentes procedimientos de recuperación se agrupan en cuatro grandes tipos de medios (Figura 4).

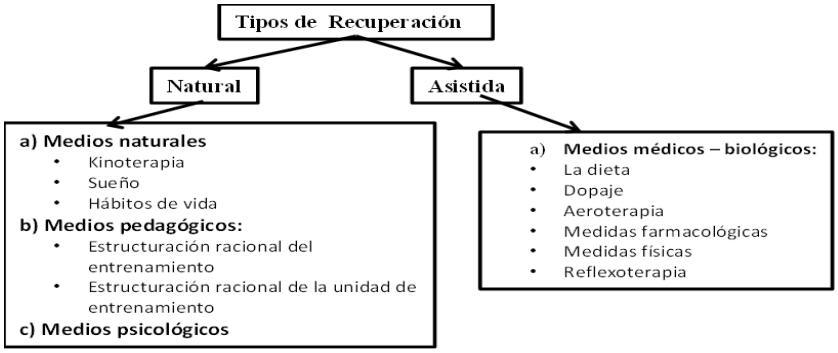


Figura 4. Clasificación de los medios de recuperación (Bompa, 1990).

Fototerapia

La fototerapia consiste en el uso terapéutico de la luz para el tratamiento de diversas condiciones patológicas y lesiones musculoesqueléticas. La investigación que aborda la capacidad de la terapia de luz para modular procesos fisiológicos asociados con la lesión y la curación ha dado resultados prometedores. Tales procesos moduladores asociados con fototerapia a menudo se llaman fotobiomodulación (PBM), que implica el uso de la luz para inducir cambios bioquímicos en los tejidos de una manera estimulador o inhibidor (Karu, 1999).

El uso de la luz como una modalidad clínica ha aumentado considerablemente en la última década. Los resultados beneficiosos de la fototerapia para el tratamiento de trastornos musculoesqueléticos agudos y crónicos incluyen control del dolor (Ferreira et al., 2005), el aumento de circulación de la sangre (Ishan, 2005), y la mejora de la reparación de tejidos (Enwemeka et al., 2004). Aunque se dispone de evidencia sobre cómo la luz es absorbida por las células y los tejidos, la traducción bioquímica para alterar los resultados clínicos en seres humanos sigue siendo poco conocida. Los efectos biológicos de la fototerapia están mediados por la absorción de fotones (partículas de luz) por los cromóforos endógenos y la posterior transducción de la energía luminosa en energía química dentro de la membrana de plasma u orgánulo citosólica (Reddy, 2004). Cromóforos unidos a la membrana actúan como fotosensibilizadores que inducen cambios en la permeabilidad de la membrana y los mecanismos de transporte que dan lugar a cambios en el pH intracelular, las concentraciones de iones, y excitabilidad de la membrana (Klebanov, Kreinina, Poltanov, Khristoforova, & Vladimirov 2001).

Los fotones que penetran en la membrana celular a menudo entrarán mitocondrias, donde fácilmente se absorben por las enzimas del citocromo (por ejemplo, citocromo c oxidasa), la generación de respuestas fisiológicas que conducen a la producción de especies reactivas de oxígeno y el aumento de las tasas de adenosina 5'-trifosfato (ATP) y la síntesis de proteínas (Silveira et al., 2009). Las concentraciones de especies reactivas del

oxígeno por debajo de los niveles citotóxicos se ha demostrado para crear efectos bio estimulante para la célula (Lubart, Eichler, Lavi, Friedman, & Shainberg 2005).

Recientemente, los investigadores han comenzado a explorar los efectos ergogénicos de la fototerapia en retrasar la aparición o resistir los efectos de la fatiga muscular y el cansancio.

Extremadamente la fatiga afecta la fuerza muscular y el control del motor y reduce la capacidad de un músculo para realizar el trabajo en un período designado (Allen, Lamb, & Weterblad, 2008). Se cree que la disminución de la función muscular asociada con la fatiga a ser el resultado de alteraciones metabólicas, tales como el agotamiento de sustrato (falta de ATP y glucógeno), el estrés oxidativo, la hipoxia tisular, y la acidificación de la sangre (Allen et al., 2008). Los investigadores también han indicado que las dosis específicas de fototerapia reducen lactato en sangre y los niveles de biomarcadores inflamatorios después del ejercicio de las extremidades superiores e inferiores extenuante (Leal et al., 2010). Basándose en estos hallazgos, se puede inferir que la fototerapia también proporciona un efecto profiláctico al tejido mediante la limitación de daño celular inducido por el ejercicio.

Limitar la inflamación y daño celular durante el ejercicio también puede mejorar la recuperación de la fuerza muscular y la función después del ejercicio.

Historia de la fotosintonización.

En la búsqueda de nuevas fuentes de energía se forjó una teoría fundamentada en varias reflexiones y preguntas. El sistema solar es muy parecido al modelo propuesto por el físico Niels Bohr. ¿Qué alimenta el magnetismo?, ¿Qué es la gravedad y cómo es posible que se desvíe la luz? ¿Si la masa es la que provoca la gravedad y la masa está formada por energía, qué papel juega el tiempo?

Estas reflexiones y preguntas provocaron otra apreciación, ¿la distancias entre los planetas y el sol, simplemente es vacío? Cualquiera puede darse cuenta que esta distancia es energía potencial, como una piedra suspendida a una distancia del suelo tiene una energía potencial generada por la gravedad y al soltarla, esa energía potencial se transforma en energía cinética; claro que los planetas tienen una enorme energía acumulada en su movimiento de traslación que evita que caigan inmediatamente hacia el sol. Ello dio lugar a nueva observación, la trayectoria de traslación realmente es un volumen aunque el planeta no se encuentre en un mismo instante en cada fracción de su recorrido, si aceleramos la velocidad de traslación nos daría la impresión de que forma un anillo y genera un volumen, por lo tanto todo el trayecto se apreciaría como una enorme masa, como cuando tomamos una fotografía de exposición prolongada de las luces de los coches en una avenida, no se ven los coches pero sus faros semejan hilos de luz. En nuestra corta vida no vemos como caen los planetas atraídos por el sol. Si ese gran anillo lo imaginamos como un pastel podemos sacar unas inmensas rebanadas de energía en función del tiempo tan corto en que vivimos.

De ahí se apreció con más detenimiento otro fenómeno bien conocido, la rotación de los planetas o el spin de los electrones, si queremos acercar la tierra al sol basta con frenar su rotación haciendo un segundo más largo cada día para acercar la órbita de la tierra al sol o acelerar la rotación para alejarla del sol. Entonces cada planeta no es una piedra con energía potencial respecto al sol, pues también involucra en el mismo instante energía

cinética. No hay que olvidar que los planetas también ejercen una fuerza de gravedad respecto al sol. Por todo eso, se vuelve bien compleja la interpretación del sistema solar y la gran energía, respecto al tiempo, involucrada en su balance. Otro detalle interesante es que la mayoría de las trayectorias planetarias están en un plano bastante limitado desde nuestro punto de vista y ello genera una absurda interpretación de arriba y abajo en función de su convencionalismo de norte y sur. Ese mismo fenómeno lo podemos encontrar en los imanes.

¿Qué sentido tienen tantas preguntas si no se aprovechan en hacer algo mejor con nuestra corta vida? Pues de ahí se infirió una teoría denominada *"generador de energía de la órbita del electrón"* bautizada como Hortong (orbit – electron – generator), la "h" es por el apellido de quién imaginó este concepto, el Dr. Aureliano Horta.

Las investigaciones para plasmar estos conceptos en algo práctico comenzaron con unas pruebas aparentemente sencillas pero que requirieron años para aterrizarlas. Se comenzó con pequeñas fuentes de energía, las pilas secas y recargables. Las pilas secas requieren una diferencia de potencial generada por una degradación química de sus elementos, la energía que se les puede extraer depende del volumen de material involucrado, y la forma para que pueda fluir esa energía depende de la diferencia de potencial entre sus elementos, de manera que está formada por un material electronegativo (zinc) y uno electropositivo (cobre o grafito electrolítico). Las pilas recargables están formadas por materiales que permiten su regeneración química por un proceso electroquímico. Basado en la teoría electrónica se supone que los electrones son partículas que viajan del material electronegativo hacia el electropositivo hasta balancearse, cuando en las dos terminales la diferencia de potencial o voltaje es igual a cero. Después de muchos experimentos se detectaron que era posible invertir el sentido de una pila seca, hacer electropositivo el material electronegativo, pero no tenía sentido, no cuadraba con la teoría electrónica que se fundamenta en que los átomos del material electronegativo tienen un electrón que fácilmente pueden ceder a un material electropositivo ávido de ese electrón. La energía potencial vuelve a manifestarse como la distancia entre el electrón y núcleo, sólo podemos imaginar que mayor distancia es igual a mayor potencial eléctrico y menor distancia es = menor voltaje, por lo tanto los materiales son electronegativos en función del nivel cuántico del electrón, respecto de otro o de su nivel normal de operación. Entonces cuando cargamos un capacitor o botella de Leiden estimulamos a los electrones de la última órbita a alejarse para cargar una placa negativamente respecto a la otra. Esta explicación es satisfactoria y ayuda a comprender que la energía se transforma en masa y al revés.

De ahí se generan muchas apreciaciones que aclaran porque la energía en corriente alterna interactúa tan rápidamente entre positivo y negativo en un cable, de otra manera es difícil comprender el viaje de los electrones libres entre los átomos de un cable en tan breve tiempo 1/60 de segundo y después regresarlos a la fuente. Y si se maneja frecuencias en el orden de kilohertz, megahertz o gigahertz es imposible comprender como la materia (electrones) puede viajar tan rápido, llegar a su destino y regresarse a la fuente.

El equipo se basa en las investigaciones relacionadas con el plasma energético, encaminadas a construir materia a partir de resonancia ordenada de energía. De ahí se deriva su nombre plasma de luz.

La luz que emana de esta lámpara es impulsada por el circuito electrónico estimulador de cargas quánticas conocido como Hortong (generador de energía de la órbita del electrón).

La luz se usa como medio transportador de frecuencias estables, aleatorias y de interacción, y esas frecuencias son copiadas por resonancia del mismo cuerpo.

Creación del aparato de foto sintonización.

Los científicos trabajaban en el laboratorio con circuitos electrónicos de resonancia para mejorar el desempeño de las pilas y baterías, y se dieron cuenta por casualidad que una persona dejo de padecer la migraña que lo aquejaba desde hace varios años mientras se encontraba dentro de la instalación.

Además, encontraron que los animales expuestos al campo de energía sanan más rápido y cuando les implantaron microcircuitos tenían crías que en generaciones consecutivas aumentan su tamaño. Al retirar del campo energético a los animales de mayor tamaño, sus crías concebidas sin la energía extra, después de generaciones recuperan el tamaño normal. La explicación que encontró el Dr. Horta es que los organismos vivos extraen poca energía de sus procesos biológicos, y al contar con una energía de sobra correctamente sintonizada se promueve su desarrollo y/o su recuperación.

Esto los llevo a entender que cada célula reacciona a una frecuencia específica y con una potencia diminuta, si no se emplea la frecuencia correcta es necesario aumentar sustancialmente la potencia y no se logra el efecto idóneo de comunicación. En otras palabras, cada célula tiene un número telefónico y un código de área específica.

Los organismos operan con señales bien diferenciadas entre cada célula, pero es posible lograr una interferencia como cuando una estación de radio invade otras frecuencias o cuando se cruzan llamadas telefónicas al aumentar la potencia que roba a las débiles y crea frecuencias parásitas o cuando los aislantes están deterioradas.

Después de experimentar con animales y plantas sometidos a campos de energía individualizada, encontraron que la manera más sencilla es usando una serie de ondas portadoras de alta potencia, ya sea de luz o sonido, acompañadas de señales multifrecuenciales de baja potencia y permitiendo que los circuitos resonantes concuerden para reforzar las señales más demandadas, dentro de las frecuencias apropiadas para seres vivos.

Al hacer pruebas con distintos tipos de lámparas y circuitos de resonancia en sucesivas experimentaciones pudieron ajustar los rangos más apropiados para lograr los mejores resultados. Determinaron que es mejor emplear circuitos de baja ganancia energética, que producen luz atenuada, ya que al utilizar rangos muy altos provocaban exceso de brillo en los focos que alteraban a los animales y en las personas llegaban a padecer dolor de cabeza y mareos.

Cuando varios circuitos electrónicos Hortong operan en forma de arreglos, funcionan como varias estaciones transmisoras a la vez y establecen sus propias estaciones re transmisoras (concordantes).

Tienen la peculiaridad de que al retroalimentarse por un efecto de oscilación recuperan la información de cuáles son las señales más demandadas (adquieren el mismo compás de tiempo) y por ello ajustan su operación para satisfacer el rango de frecuencias más demandadas. Así las células y tejidos que más energía requieren para recuperarse, disminuyen su esfuerzo para sintonizarse y recuperan paulatinamente su sintonía demandando cada vez menos potencia.

Los circuitos se abastecen de una pequeña fuente de energía, la pila, que a su vez actúa como caja de resonancia. Entre más grande sea la caja de resonancia de la pila, tiene mayor potencia de transmisión y aumenta el área de influencia, por lo tanto en personas que requieren atención en varios centros de energía se sugiere emplear más circuitos QE de menor potencia para que actúen como estaciones re transmisoras distantes.

El rango de oscilación está ajustado en los siguientes parámetros:

- Frecuencias estables: 0 a 300 Hertz.
- Frecuencias aleatorias dentro de cada dígito de las estables: desde 0.1 a 1 x 10^{-10}
- Frecuencia de interacción desde 1 x 10^{-10} hasta 1 x 10^{-30}
- Barrido de frecuencias por cada híbrido 150,000 x segundo.
- Control de frecuencias diversas por cada híbrido hasta 1.5 millones.
- Nodos de concordancia incrementan la potencia de las señales hasta 3 veces.
- Nodos de discordancia reducen la potencia de la señal hasta 1/3.

Las frecuencias estables son el abanico máximo de selección permitido, dentro de cada dígito se permite la oscilación para establecer subfrecuencias que llenen todos los huecos hasta completar otro Hert. Ejemplo: el ocilador estable barre las frecuencias desde 0 hasta 300 Hz; y en un instante que transmite 10 Hz, los osciladores de retroalimentación se autoajustan aleatoriamente para ocupar .00000001 Hz (1x10^{-8}) en la misma fracción de tiempo, entonces la frecuencia en la que estamos marcando es 10.0000001; al siguiente instante se transmite 10.0000002 Hz. De esta manera se completa el barrido hasta llegar a 300 Hz y se regresa a 0 Hz. El mecanismo es como el que usan los selectores electrónicos de los estéreos y TV, que escanean todas las frecuencias para detectar las transmisiones. Esto ocurre en fracciones infinitesimales de segundo 5.0000000001 hasta 5.00005 es demandada más potencia (ocurre una caída de la potencia desde la alimentación pues la potencia transmitida es absorbida por las células), y como la naturaleza por la que fue creado el circuito es generar energía de la órbita del electrón. Aumentará la potencia en esas frecuencias para reforzar la pila justamente en ese parámetro de oscilación en el que sufre la caída de potencia.

Las células sanas no demandan tanta energía como las enfermas, por lo tanto, a mayor cantidad de células mal sintonizadas mayor demanda de energía en la pila. Entonces la pila se agota más rápidamente en las personas enfermas que en las saludables.

Las frecuencias de interacción ocurren porque al llegar las transmisión a las células y al sistema nervioso, parte de esas señales no demandadas las rebotan al circuito y este a su vez las retransmite como compuestas de menor energía dentro de la señal que está transmitiendo en ese tiempo, se generan frecuencias en el orden de 1 x 10^{-30}. Es posible que sean demandadas en alguna célula pero es difícil que ocurra el mismo evento sucesivamente, a menos que algún aparato que genere un campo electromagnético se encuentre cerca de la persona y constantemente rebote algún rango de señales no deseadas. Por esto es conveniente que el circuito opere alejado de fuentes interferentes, para evitar reflejar constantemente frecuencias fuera de rango, que pueden resultar adversas.

Beneficios de la fotosintonización.

Por principio en su acción físico molecular y de polaridad celular, la fotosintonización tiene una infinidad de aplicaciones desde el estado de la búsqueda de la salud hasta la recuperación de:

- Rápida resolución del efecto provocado por golpes, esguinces, contusiones y todo tipo de lesiones pertinentes al tejido muscular, huesos y piel.
- Acelera procesos de desinflamación y cicatrización.
- La eliminación de sobrecargas de energía en puntos específicos del cuerpo (particularmente articulaciones, tendones, ligamentos y huesos); recuperando su funcionamiento normal y eliminando dolores y padecimientos como artritis, artrosis y bursitis.
- Una organización de los mensajeros químicos de la sangre. Esto se traduce en una purificación y fluidificación de la misma. Mejorando la salud del corazón y la circulación en general.
- Una óptima función hepática, aumentando su capacidad de filtraje y producción energética para el cuerpo. Esto se traduce a un incremento de la vitalidad y resistencia física.
- Un mejoramiento de la función renal, aumentando su capacidad de filtraje de sangre y eliminación de toxinas.
- Un incremento de las funciones mentales y de pensamiento.
- Disminución de las fluctuaciones de los estados de ánimo.
- Disminución de producción de hormonas de estrés como la adrenalina.
- Mejoramiento del desempeño del sistema inmunológico en la defensa contra enfermedades infecciosas y degenerativas.
- Mejoramiento de los procesos celulares internos que reparan y aplican el ADN, disminuyendo el riesgo de enfermedades hereditarias.
- Eliminación de enfermedades alérgicas (rinitis, sinusitis, de piel).
- Eliminación de jaquecas, migrañas y dolores de cabeza.
- Prevención y tratamiento de enfermedades degenerativas como la diabetes mellitus, hipertensión arterial, arteriosclerosis, gota y esclerosis múltiple.
- Prevención y tratamiento de enfermedades malignas como el cáncer y linfoma.

La exposición a la terapia de foto sintonización no es exclusiva de personas enfermas. Ya que el efecto ulterior de la terapia es regresarle a las células su adecuada polaridad y por lo tanto, una armoniosa comunicación, esto le otorga al organismo gran energía (ATP) y vitalidad.

Esto significa que las células obtienen ayuda extra para realizar lo que están programadas para hacer, aprovechando mejor sus nutrientes disponibles en la dieta. En otras palabras, la célula vivirá más tiempo y con mejor desempeño de su función.

El ADN determina cómo será la siguiente copia celular que reemplazará a la vieja copia que ya ha cumplido su función. El ser humano con el paso del tiempo se convierte en la copia de la copia de la copia de la fotocopiadora (ADN) determina. Si el ADN ha sido modificado y desgastado por alteración molecular debido a factores externos y/o internos, la copia se irá degradando con el tiempo. A grandes rasgos, esto es lo que se conoce como

envejecimiento. Si esta copiadora se repara y se renueva, las copias celulares que saldrán de ahí, serán fidedignas y fuertes.

Diseño de la investigación.

El presente estudio tendrá un carácter experimental y longitudinal

Población de la muestra

La población analizada consta de atletas de competencia en el deporte de tenis, ambos sexos, de una sola categoría.

El tipo de muestreo fue no probabilístico, el método principal fue por conveniencia.

La elección de los elementos no dependerá de la probabilidad sino de las condiciones que permitan hacer el muestreo, serán seleccionadas con mecanismos informales y no aseguraran la total representación de la población.

Se solicitó a todos los participantes firmar una carta de consentimiento informado que se encuentra en el Anexo 1. En el caso de los deportistas menores de edad, se solicitó la firma del padre o tutor.

Criterios de selección.

Tienen como propósito controlar algunas variables; sin embargo, también propician que la población sea más específica y por tanto, se reduzca. Para esta investigación se tomaran en cuenta los siguientes:

Inclusión.

- Que tengan ranking nacional,
- Se encuentren sanos (previo chequeo médico),
- Que entrenen en el mismo lugar,
- Que cumplan con la carga planificada.

Exclusión.

- Presenten lesión, enfermedad o incapacidad para la intervención,
- Que no cumplan con los tiempos planificados,
- Que pierdan por falta de rendimiento su status (ranking).

Material y equipo.

a) Reactivos químicos y material biológico

- Muestras de epitelio bucal de tenistas
- Mezcla de PCR PROMEGA GoTaq® GREEN MASTER MIX :

    - 2X Green Gotaq® Reaction Buffer pH 8.5
    - 400 μL dATP
    - 400 μL dGTP
    - 400 μL dCTP
    - 400 μL dTTP
    - 3mM MgCl2

- Oligonucleótidos cebadores (PRIMERS):

    - *CKMM*: Eurofins MWG Operon
    - *ACE* I/D: IDT (Integrated DNA Technologies)
    - *IL6:* Eurofins MWG Operon
    - *G3PDH* : Eurofins MWG Operon

- Agarosa SIGMA®
- Marcador Molecular BioLine® Hyperladder
- Marcador Molecular PROMEGA ® 25pb DNA Ladder
- Marcador Molecular PROMEGA ® 100pb DNA Ladder
- Marcador Molecular PROMEGA ® 1kb DNA Ladder
- Paquete de extracción de DNA genómico AxyPrep™ Multisourse Genomic DNA Miniprep Kit, conteniendo:

    - Columnas Miniprep
    - Microtubos de 1.5 mL
    - Microtubos de 2 mL
    - RNasa ABuffer C-L
    - Proteinasa K
    - PK Buffer
    - Buffer P-D
    - Buffer W1
    - Buffer W2 (concentrado)
    - Eluente

- Agua Promega® Nuclease Free Water
- Reactivos para el análisis de restricción Takara®:

    - Enzima Nco I , 500 U
    - BSA 0.1% (Albúmina de suero bovino)
    - 10x K Buffer

- 200mM Tris-HCL, pH 8.5
- 100mM MgCl2
- 10mM Dithiothreitol
- 1,000mM KCl

b) Equipo Técnico para uso biológico

- Micropipetas Eppendorf Research Family
- Termociclador Eppendorf Mastercycler Gradient
- Termociclador Axygen Maxygene™
- Fuente de Poder LifeTechnologies™ Model 250EXCámara de electroforesis Life-Technologies™ Horizon® 58
- Transiluminador UVP 3UV Transiluminator
- Fotodocumentador BioRad™ GelDoc XR
- Microcentrífuga Eppendorf Centrifuge 5415C
- Vórtex Thermolyne MaxiMix II Type 37600 Mixer
- Balanza Analítica Mettler Toledo PL303
- Termomixer Eppendorf Thermomixer
- Campana UV COY™ PCR/UV Work Station
- Microondas LG MS-1144DP
- Congelador TOR REY
- Determinador bioquímico Reflotron® Plus Roche.

c) Equipo Técnico para evaluar rendimiento físico.

- Medidores de frecuencia cardiaca grupales Polar team 2.
- Equipo de análisis de lactato Accutrend Plus.
- Plataformas de salto Just Jump.
- Dinamómetro de mano
- Báscula Tanita
- Encoder rotatorio Smart Coach.
- Fotoceldas de velocidad TC Timing System.
- Cajón para evaluación de flexibilidad (Flexibiliti Tester)
- Computadoras de escritorio, laptop y Ipads
- Software Image–Electroforesis y análisis de parámetros físicos

Variables de la investigación.

Tal y como se señaló anteriormente, no se han utilizado todas las partes y preguntas en el presente estudio. No obstante, se realizó una selección de las mismas atendiendo las hipótesis y objetivos previamente establecidos. Por lo tanto, las variables que compondrán esta investigación son las siguientes:

Variables Dependientes:

Nombre	Definición conceptual
Urea	Es un compuesto químico cristalino e incoloro; de fórmula CO (NH2)2. Las mediciones de urea sérica como biomarcador en el control del entrenamiento, se ha utilizado para conocer la **magnitud del catabolismo proteico** y como un indicador de la adaptación, asimilación y recuperación del deportista a las cargas de entrenamiento impuestas.
Lactato	Es un compuesto orgánico formado por carbón, hidrógeno y oxígeno. La fórmula química del lactato es *C3H5O3* y se produce de forma natural en el organismo de cada persona.
Creatin quinasa	Es una enzima que se encuentra en pequeñas cantidades en todos los tejidos musculares y que interviene en la producción de energía en los músculos. Durante la degeneración muscular, las células de los músculos se rompen y liberan su contenido al torrente sanguíneo, incluyendo la CK.
Interleucina 1 (IL-1β)	Es una citocina producida por múltiples estirpes celulares, principalmente por macrófagos activados. Es un mediador clave en la respuesta inflamatoria ocasionando fiebre, neutrofilia y producción de proteínas de fase aguda.
Interleucina 8 (IL-8)	Es una citocina de la familia de las quimiocinas, de naturaleza proinflamatoria. Es un potente factor quimiotáctico de neutrófilos, regula la producción de proteínas de adhesión y la formación de lípidos bioactivos. Amplifica la respuesta inflamatoria local.
Interleucina 6 (IL-6)	Es una glucoproteína segregada por los macrófagos, célulasT, células endoteliales y fibroblastos. Localizado en el cromosoma 7, su liberación está inducida por la IL-1 y se incrementa en respuesta a TNFα. Es una citocina con actividad antiinflamatoria y proinflamatoria.
Interleucina 10 (IL-10)	También conocida como factor de inhibición de la síntesis de citocinas (CSIF sus siglas en inglés), es una citocina con propiedades antiinflamatorias capaz de inhibir la síntesis de citocinas proinflamatorias por los linfocitos T y los macrófagos.
Interleucina 12 (IL-12p70)	Es una citocina proinflamatoria producida en los macrófagos, monocitos y otras células presentadoras de antígenos. Activa las células T colaboradoras de tipo 1 (Th1) y estimula la producción y citotoxicidad de las células T citotóxicas y de las células NK. Promueve la activación de la inmunidad celular mediante la activación de los linfocitos T colaboradores tipo 1.

Variables independientes:.

Nombre	Definición conceptual

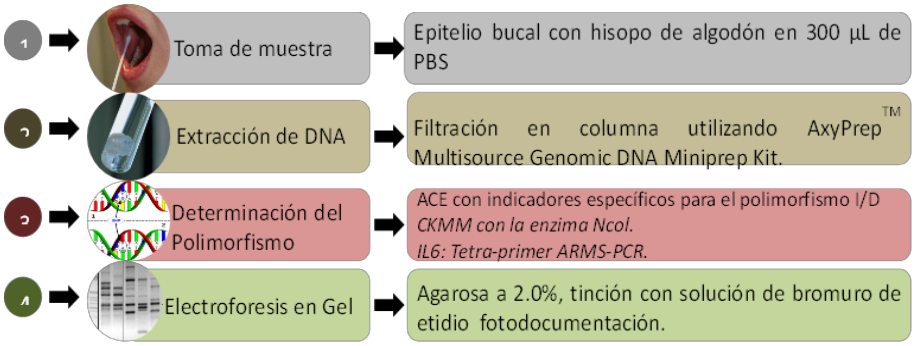
Test de Abalakov	Es una prueba que mide la fuerza explosiva de las piernas.
Test de 30 m	Es una prueba que mide la aceleración del sujeto.
Test de Sit and Reach	Es un test que mide la flexibilidad de los músculos de la espalda y de los músculos flexores de las piernas.
Test Incremental	Es una prueba que se utiliza para determinar la resistencia aeróbica.
Test específico	Es una prueba que sirve para medir la resistencia anaeróbica aláctica.

Descripción general de las actividades realizadas.

A continuación se hará una descripción de las actividades realizadas durante el protocolo.

- Test físicos y toma de muestras biológicas: Tomas de sangre capilar y saliva en laboratorio previas a las evaluaciones de fuerza, velocidad, flexibilidad y resistencia a la fuerza llevadas a cabo sobre la cancha de tenis.
- Estímulo de entrenamiento, toma de muestras biológica: Aplicación del programa de entrenamiento de 1 hora de duración y toma de sangre capilar y saliva en cancha de tenis.
- Toma de muestras biológicas periódicas (45min, 24h, 48h y 72h): Extracción de sangre capilar y saliva con seguimiento hasta 72 horas en laboratorio.
- Test físicos y toma de muestras biológicas: Tomas de sangre capilar y saliva en laboratorio previas a evaluaciones de fuerza, velocidad, flexibilidad y resistencia a la fuerza a las 72 horas del primer estímulo de entrenamiento.
- Estímulo de entrenamiento, toma de muestras biológica: Aplicación del programa de entrenamiento de 1 hora de duración y toma de sangre capilar y saliva en cancha de tenis.
- Toma de muestras biológicas periódicas con fotosintonización (45min, 24h, 48h y 72h): Extracción de sangre capilar y saliva posteriores a la terapia de fotosintonización con seguimiento hasta 72 horas en laboratorio.
- Test físicos: Evaluación de fuerza, velocidad, flexibilidad y resistencia a la fuerza final.
- Análisis de muestras físico-metabólicas: Creación de base de datos, cuadros y gráficas digitales para análisis y comparación de resultados.
- Generación de entregables: Selección y edición de cuadros y gráficos generados durante el análisis

Descripción específica de las tomas de muestra biológicas.



Esquema de la metodología realizada en las muestras biológicas.

Descripción específica de las pruebas físicas.

a) **Prueba de dinamometría manual.**

Objetivo: medir la fuerza estática de los músculos flexores de la mano y antebrazo (Fuerza Máxima).

Ejecución: sentado en una silla se agarra la manija que sostiene el dinamómetro con el brazo a 90° en relación al antebrazo y sin flexionar la muñeca, es importante que el tenista use solo el brazo en el movimiento de halar, se toma el mejor de dos intentos.
Material: Un dinamómetro para brazo, una silla.

b) **Prueba de salto vertical (Abalakov).**

Objetivo: medir la fuerza explosiva de la musculatura del miembro inferior.

Ejecución: El tenista se para encima del tapete de contacto, con los pies con una separación a la anchura de los hombros, el tronco recto y brazos relajados. A la señal del controlador, el ejecutante flexiona las piernas y balancea los brazos para realizar un movimiento explosivo de salto hacia arriba. Durante la fase de vuelo, deberá extender al máximo el tronco. Realiza tres intentos el atleta.
Material: plataforma de contacto.

c) **Prueba de Kinderman en banda sinfín.**

Objetivo: medir el índice de resistencia aeróbica.

Ejecución: La prueba se inicia con un calentamiento suave al 50 % de su capacidad máxima (basado en la frecuencia cardiaca máxima (220-edad) y la basal), durante cinco minutos. Posteriormente se iniciaron etapas de tres minutos, en la cual la velocidad se incre-

mentó en una milla/hora. La prueba inició en 4.5 millas por hora y terminó cuando el sujeto abandonó por voluntad propia o por criterio del evaluador.

Cálculos del consumo de oxígeno: $VO2_{max}$ **(ml / kg / min) = 5.73 * V (mill/hr) + 3.72**
Donde, V = velocidad de la banda en millas por hora.

Material: banda sin fin, pulsómetro.

d) **Prueba de los 20 segundos a lo ancho de la cancha de sencillos. (Etcheverry,1993)**

Objetivo: medir la resistencia anaeróbica del tenista.

Ejecución: En la cancha de tenis, se para el jugador en una línea que delimita el área de singles; a una señal el jugador sale hacia el otro lado, a la otra línea de singles, contando así un toque, el atleta procederá a regresar hacia el otro lado y así sucesivamente por 20 segundos, se dará un minuto de descanso y se procederá a otro intento; se tomará como valido el intento en donde más toques se hayan hecho.

Materiales: Cancha de tenis, cronometro.

e) **Prueba de velocidad frontal.**

Objetivo: medir la rapidez de desplazamiento del atleta a lo largo de la cancha (23.77mts)

Ejecución: En la línea de base se posiciona el jugador y a una señal sale a la línea de base contraria, se hacen dos intentos y se toma como valido el de menor tiempo.

Material: cancha de tenis, y cronometro.

f) **Prueba de sit and reach.**

Objetivo: Medir la flexibilidad de los músculos de la espalda y de los músculos flexores de las piernas del tenista.

Ejecución: El tenista se coloca sentado en una superficie plana con las piernas juntas y extendidas, estará descalzo, con los pies pegados al cajón y los brazos y manos extendidos. A la señal, el ejecutante flexionara el tronco hacia adelante, empujando con ambas manos el cursor hasta conseguir la mayor distancia posible.

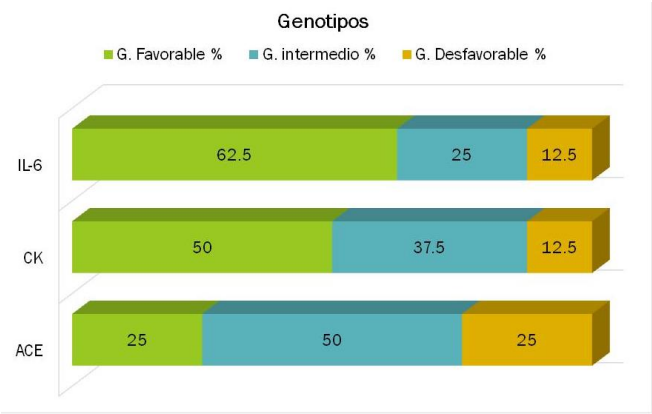
Material: Un cajón de flexibilidad.

Presentación y análisis de los resultados

A continuación se presenta una tabla con los resultados generales del genotipado de los 8 sujetos analizados para los genes *ACE, CKMM* e *IL6*. La distribución de las frecuencias para cada genotipo fue analizada. La composición genética de la población estudiada se encontró dentro del equilibrio Hardy-Weinberg.

	GENES		
Sujeto	ACE	IL-6	CK
S1	ID	GG	AA
S2	ID	CC	AA
S3	II	GC	GG
S4	II	GG	AG
S5	DD	GG	AA
S6	DD	GG	AG
S7	ID	GG	AA
S8	ID	GC	AG
Genotipo Favorable	II 25 %	GG 50 %	AA 62.5 %
Genotipo Intermedio	ID 50%	GC 37. 5%	AG 25 %
Genotipo Desfavorable	DD 25%	CC 12.5 %	GG 12.5 %

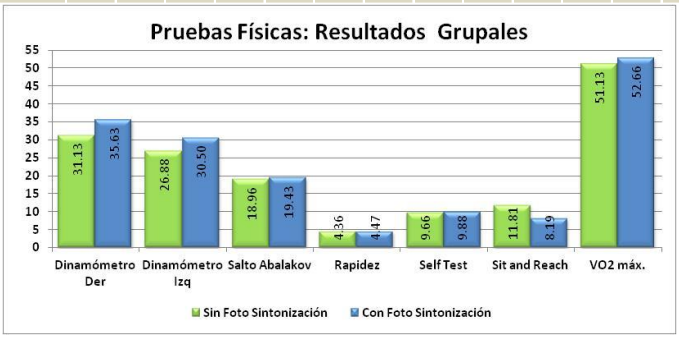
En la siguiente gráfica se muestra la distribución de las frecuencias de los genotipos analizados, se puede observar que en el caso del gen *IL6* predomina el genotipo asociado a recuperación favorable (*GG*) con un 62.5%, seguido del genotipo *GC* con un 25% y el genotipo desfavorable (*CC*) con un 12.5 % siendo solo un individuo el que presenta este genotipo, indicando que presenta niveles bajos de la enzima lo que puede perjudicar en su recuperación. En el caso del genotipo de CK el genotipo más frecuente es el genotipo *AA* con un 50% lo cual indica que 4 de los individuos analizados presentan niveles altos de la enzima CK de manera endógena mientras que el resto presenta niveles normales. La distribución de las frecuencias del gen *ACE* se encuentra equilibrada en la población estudiada con un 25% los genotipos relacionados con velocidad/potencia (*DD*) y resistencia (*II*) y el 50% con el genotipo intermedio *ID*.



Parámetros físicos.

Parámetros físicos antes y después de la terapia de fotosintonización en atletas sometidos a sobrecarga.

Resultados de Pruebas Físicas "Sin / Con Fotosintonización"														
#	Dinamómetro				Salto Abalakov		Rapidez		Self Test		Sit and Reach		VO2 máx.	
	Brazo Der.		Brazo Izq.											
	S/Foto	*C/Foto*	*S/Foto*	*C/Foto*	*S/Foto*	*C/Foto*	*S/Foto*	*C/Foto*	*S/Foto*	*C/Foto*	*S/Foto*	*C/Foto*	*S/Foto*	*C/Foto*
S1	25	28	20	21	17.90	16.60	4.72	4.62	9.75	9.75	12.5	7.0	48.70	49.52
S2	20	24	14	20	14.00	14.80	4.81	4.87	9.50	9.50	15.0	16.0	49.15	50.15
S3	26	33	22	24	14.40	16.60	4.84	4.81	9.00	9.25	14.0	7.0	47.95	49.62
S4	22	28	20	22	17.70	19.40	4.46	4.59	9.00	9.75	9.5	7.0	49.11	50.37
S5	28	32	37	44	21.70	20.90	3.83	4.08	10.00	10.25	9.0	7.5	49.16	51.39
S6	42	50	37	40	21.80	21.80	3.73	4.24	10.00	10.00	16.0	3.0	54.81	56.13
S7	48	50	33	40	22.20	23.50	4.22	4.34	10.00	10.00	2.5	1.5	55.09	57.21
S8	38	40	32	33	22.00	21.80	4.29	4.23	10.00	10.50	16.0	16.5	55.03	56.86
Promedio Grupal	31.13	35.63	26.88	30.50	18.96	19.43	4.36	4.47	9.66	9.88	11.81	8.19	51.13	52.66
Promedio Mujeres	23.25	28.25	19.00	21.75	16.00	16.85	4.71	4.72	9.31	9.56	12.75	9.25	48.73	49.92
Promedio Hombres	39.00	43.00	34.75	39.25	21.93	22.00	4.02	4.22	10.00	10.19	10.88	7.13	53.52	55.40

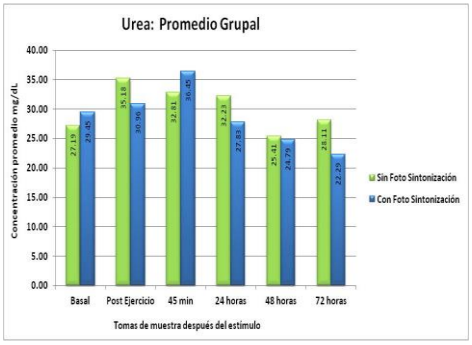


Resultados por grupo de las pruebas físicas sin y con el uso de la foto sintonización.

Parámetros metabólicos de Urea.

Parámetros metabólicos de Urea antes y después de la terapia de fotosintonización en atletas sometidos a sobrecarga física.

Resultados de UREA "Sin y Con Foto Sintonización"												
Sujeto	Basal		Post-ejercicio		45 min		24 horas		48 horas		72 horas	
	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto
S1	24.4	33.0	27.6	33.2	35.2	34.8	23.3	20.5	25.7	20.0	26.0	20.0
S2	23.4	25.5	26.0	31.0	26.0	38.9	25.8	22.9	20.0	20.0	20.0	20.0
S3	27.2	20.0	40.2	22.5	26.6	33.5	26.6	20.6	20.0	20.0	20.0	20.1
S4	20.8	24.0	40.0	35.3	21.5	32.4	23.0	41.8	34.4	20.0	21.5	20.0
S5	20.0	23.5	22.1	25.2	33.8	44.1	22.9	22.5	20.0	22.5	31.6	20.0
S6	34.1	37.6	47.7	32.6	34.2	30.9	53.6	30.0	38.2	40.8	26.4	36.7
S7	36.7	37.5	39.3	37.7	49.7	37.5	45.2	38.2	25.0	30.6	37.7	20.0
S8	30.9	34.5	38.5	30.2	35.5	39.5	37.4	26.1	20.0	24.4	41.7	21.5
Promedio Grupal	27.19	29.45	35.18	30.96	32.81	36.45	32.23	27.83	25.41	24.79	28.11	22.29
Promedio Mujeres	23.95	25.63	33.45	30.50	27.33	34.90	24.68	26.45	25.03	20.00	21.88	20.03
Promedio Hombres	30.43	33.28	36.90	31.43	38.30	38.00	39.78	29.20	25.80	29.58	34.35	24.55

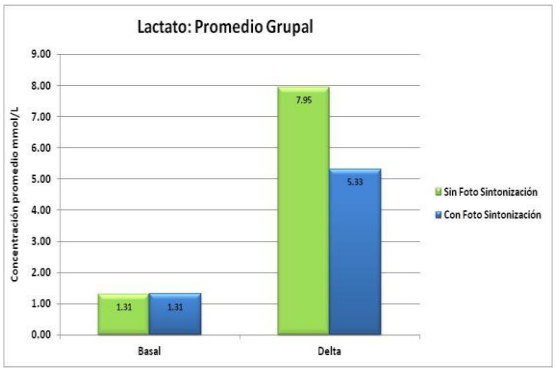


Promedio por grupo de los parámetros biológicos de Urea sin / con el uso de la foto sintonización.

Parámetros metabólicos de Lactato.

Parámetros metabólicos de Lactato Basal y Delta antes y después de la terapia de foto sintonización en atletas sometidos a sobrecarga física.

Resultados de Lactato "Sin y Con Foto Sintonización"				
Sujeto	Basal		Delta	
	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto
S1	1.0	1.0	6.0	6.0
S2	1.9	1.9	12.1	3.8
S3	1.0	1.0	10.2	3.3
S4	1.3	1.3	5.9	5.9
S5	1.1	1.1	5.9	5.8
S6	1.4	1.4	10.3	7.9
S7	1.8	1.8	7.0	3.6
S8	1.0	1.0	6.2	6.3
Promedio Grupal	1.31	1.31	7.95	5.33
Promedio Mujeres	1.30	1.30	8.55	4.75
Promedio Hombres	1.33	1.33	7.35	5.90

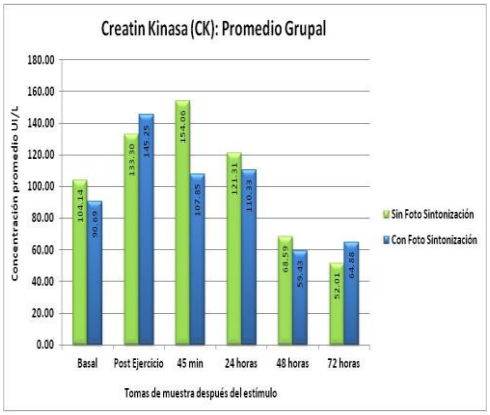


Promedio por grupo de los parámetros biológicos de Lactato Basal y Delta sin / con el uso de la foto sintonización.

Parámetros metabólicos de Creatin quinasa.

Niveles de producción de Creatin quinasa como biomarcador de desgaste muscular en post ejercicio sin / con uso de terapia de foto sintonización.

Resultados de la Creatin Kinasa "Sin y Con Foto Sintonización"												
Sujeto	Basal		Pos-ejercicio		45 min		24 horas		48 horas		72 horas	
	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto
S1	124	59.9	191	140	65.5	158	103	96.9	118	51.2	67.1	83.6
S2	111	40.8	56.9	69	144	76.9	68	126	39	65.8	27.8	32
S3	79.7	90.8	104	116	146	98.2	95.2	72.9	49.7	32.4	47.7	<24.4
S4	82.4	58.9	122	118	190	109	83.4	124	51.4	60.9	43.1	<24.4
S5	152	155	69.5	217	173	71.5	191	163	57	74	51.4	71.7
S6	92.5	86.1	204	134	161	34.2	165	103	83.5	62.4	57.1	80
S7	136	146	189	245	226	198	183	114	91.7	65.7	72.1	64.2
S8	55.5	88	130	123	127	117	81.9	82.8	58.4	63	49.8	57.8
Promedio Grupal	104.14	90.69	133.30	145.25	154.06	107.85	121.31	110.33	68.59	59.43	52.01	64.88
Promedio Mujeres	99.28	62.60	118.48	110.75	136.38	110.53	87.40	104.95	64.53	52.58	46.43	57.80
Promedio Hombres	109.00	118.78	148.13	179.75	171.75	105.18	155.23	115.70	72.65	66.28	57.60	68.43



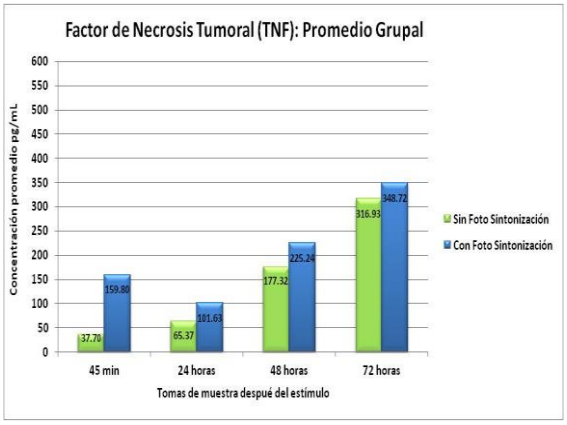
Promedio por grupo de los niveles de producción de Creatin Quinasa sin / con el uso de la foto sintonización.

A continuación se presentan una tabla de cada una de las diferentes citocinas evaluadas, TNF, IL6, IL10, en concentraciones de pg/mL mediante el Ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA) los cuales se analizaron las muestras de suero a diferentes tiempos, 45min, 24hrs, 48hrs y 72hrs sin fotosintonización y con fotosintonización c/u. Las muestras fueron obtenidas a partir de 50ul de suero de los 8 sujetos analizados.

Factor de necrosis tumoral (TNF).

En la siguiente tabla se muestra el comportamiento del factor pro inflamatorio de necrosis tumoral alfa (TNF-alpha) en los distintos tiempos de medición con y sin el tratamiento de fotosintonización. El TNF alpha es un proteína que estimula la fase aguda de la respuesta inflamatoria, está activa a su vez a otros mediadores de la inflamación los cuales ayuda a la recuperación y la regeneración de los tejidos. En la gráfica se observa que a los 45 minutos después del ejercicio la concentración de TNF es baja pero con el tratamiento de fotosintonización la concentración aumenta de forma notable y se ve este mismo comportamiento a lo largo de las tomas a los distintos tiempos, con el tratamiento la concentración de esta citocina aumenta comparada con las tomas sin tratamiento. Este comportamiento indica que la terapia pudiese estar favoreciendo los procesos de inflamación y recuperación después del ejercicio.

Resultados de la TNF "Sin y Con Foto Sintonización"								
Sujeto	45 min		24 horas		48 horas		72 horas	
	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto
S1	0.00	6.47	32.72	0.00	7.01	10.67	24.69	11.38
S2	71.79	12.18	32.20	29.40	157.23	90.78	57.94	837.69
S3	74.77	1055.35	97.00	95.67	57.21	274.45	118.76	1459.02
S4	6.08	26.56	105.40	362.29	745.08	946.23	2029.38	30.51
S5	72.59	0.00	13.54	29.65	78.77	196.97	41.74	98.02
S6	21.98	28.26	15.83	173.42	272.86	163.75	154.28	162.62
S7	54.41	137.05	186.09	112.51	91.46	103.58	54.33	168.48
S8	0.00	12.51	40.16	10.08	8.92	15.49	54.33	22.06
Promedio Grupal	37.70	159.80	65.37	101.63	177.32	225.24	316.93	348.72
Promedio Mujeres	38.16	275.14	66.83	121.84	241.63	330.53	557.69	584.65
Promedio Hombres	37.25	44.46	63.91	81.42	113.00	119.95	76.17	112.80

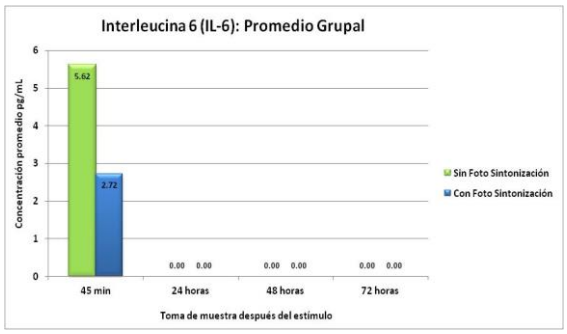


Promedio por grupo del TNF en diferente tiempos de recuperación sin / con uso de la foto sintonización.

Interleucina 6 (IL-6).

La interleucina 6 es la primera citocina que se presenta después del ejercicio y sus niveles están relacionados de manera directa a la intensidad y duración del mismo, esta citocina pro y anti inflamatoria modula la respuesta inmune y activa otros mediadores de la inflamación, al pasar unas horas las concentraciones de esta citocina disminuyen drásticamente. En la gráfica se observa este comportamiento ya que solo se detectan concentraciones de la interleucina en los primeros 45 minutos después del ejercicio y en la toma posterior no se logran detectar. Se puede notar una diferencia de concentraciones con y sin el tratamiento de fotosintonización a los 45 minutos, observando que con la fotosintonización las concentraciones disminuyen al menos un 50 % lo que indica una posibilidad de que el estímulo en cada prueba fue similar en relación a la intensidad y a su vez con la terapia de fotosintonización no fue estimulada para satisfacer la necesidad protectora de la presencia de la citocina en grandes cantidades debido a que el daño muscular fue menor.

Resultados de la IL-6 "Sin y Con Foto Sintonización"								
Sujeto	45 min		24 horas		48 horas		72 horas	
	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto
S1	13.27	1.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S2	4.34	2.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S3	3.01	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S4	2.52	4.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S5	3.72	2.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S6	5.03	2.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S7	8.60	2.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S8	4.49	2.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Promedio Grupal	5.62	2.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Promedio Mujeres	5.79	3.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Promedio Hombres	5.46	2.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

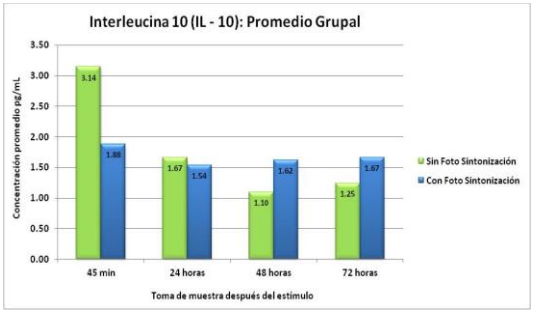


Resultados y Promedio por grupo del IL-6 en diferente tiempos de recuperación sin / con uso de la foto sintonización.

Interleucina 10 (IL-10).

En la siguiente tabla se muestra el comportamiento de la Interleucina 10 (IL-10) en los distintos tiempos de medición con y sin el tratamiento de fotosintonización. La IL-10 es un factor de inhibición de la síntesis de citocinas y otorga un balance a la respuesta inflamatoria después del ejercicio. En la gráfica se observa que a los 45 minutos después del ejercicio la concentración de IL-10 es alta pero con el tratamiento de fotosintonización los niveles disminuyen de forma notable debido a que no se presentó una inflamación aguda por lo que la respuesta inflamatoria posiblemente no fue estimulada para su recuperación protectora, de la misma forma se ve el mismo comportamiento en el siguiente tiempo (24 hrs.) pero se observa de forma mínima; en lo que respecta a los tiempos (48 y 72 horas) la concentración es baja pero con el mismo tratamiento la concentración se refleja de forma contraria, es decir, aumenta de manera notable. Este comportamiento indica que la terapia favorece y mantiene a una concentración estable durante 3 días inhibiendo todo los procesos inflamatorios causados por el esfuerzo físico.

Resultados de la IL-10 "Sin y Con Foto Sintonización"								
Sujeto	45 min		24 horas		48 horas		72 horas	
	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto	S/Foto	C/Foto
S1	2.01	2.38	1.72	1.70	0.00	1.66	1.66	0.00
S2	4.51	2.10	1.55	1.14	1.30	2.29	0.00	1.55
S3	1.84	1.70	1.39	1.19	0.00	1.03	1.76	1.19
S4	2.18	1.97	1.53	2.18	1.41	1.76	1.55	4.61
S5	2.14	1.72	1.84	1.57	1.68	1.30	1.39	1.57
S6	3.16	1.45	2.14	1.94	1.53	1.55	1.30	2.13
S7	5.62	1.72	1.50	0.95	1.31	1.41	1.14	1.01
S8	3.68	2.01	1.66	1.63	1.59	1.98	1.19	1.26
Promedio Grupal	3.14	1.88	1.67	1.54	1.10	1.62	1.25	1.67
Promedio Mujeres	2.64	2.04	1.55	1.55	0.68	1.69	1.24	1.84
Promedio Hombres	3.65	1.73	1.79	1.52	1.53	1.56	1.26	1.49



Resultados y promedio de la IL-10 en diferente tiempos de recuperación sin / con uso de la foto sintonización.

Correlaciones.

Para determinar una correlación entre los distintos genes y los parámetros físicos se utilizó el programa SPSS 20 y la prueba de correlación de Pearson bilateral, los valores considerados como significativos fueron aquellos que presentaran valores menores de 0.05. Se utilizaron los datos recolectados después de la foto sintonización.

Correlaciones

		GENACE	VELOCIDAD	GENCK	GENIL6	ABALAKOV	FLEXIBILIDAD	LACTATO	VO2MAX	GRASA
GENACE	Correlación de Pearson	1	-.763*	-.508	-.250	.408	-.122	.530	.288	-.922**
	Sig. (bilateral)		.028	.199	.550	.316	.774	.176	.489	.001
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
VELOCIDAD	Correlación de Pearson	-.763*	1	.379	.441	-.868**	.209	-.446	-.698	.917**
	Sig. (bilateral)	.028		.355	.275	.005	.619	.268	.054	.001
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
GENCK	Correlación de Pearson	-.508	.379	1	.127	-.057	-.015	.009	.057	.532
	Sig. (bilateral)	.199	.355		.764	.893	.971	.983	.894	.175
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
GENIL6	Correlación de Pearson	-.250	.441	.127	1	-.591	.792*	-.483	-.221	.380
	Sig. (bilateral)	.550	.275	.764		.123	.019	.225	.599	.353
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
ABALAKOV	Correlación de Pearson	.408	-.868**	-.057	-.591	1	-.426	.372	.817*	-.661
	Sig. (bilateral)	.316	.005	.893	.123		.293	.364	.013	.074
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
FLEXIBILIDAD	Correlación de Pearson	-.122	.209	-.015	.792*	-.426	1	-.083	-.201	.169
	Sig. (bilateral)	.774	.619	.971	.019	.293		.846	.632	.689
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
LACTATO	Correlación de Pearson	.530	-.446	.009	-.483	.372	-.083	1	.281	-.490
	Sig. (bilateral)	.176	.268	.983	.225	.364	.846		.499	.217
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
VO2MAX	Correlación de Pearson	.288	-.698	.057	-.221	.817*	-.201	.281	1	-.424
	Sig. (bilateral)	.489	.054	.894	.599	.013	.632	.499		.295
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8
GRASA	Correlación de Pearson	-.922**	.917**	.532	.380	-.661	.169	-.490	-.424	1
	Sig. (bilateral)	.001	.001	.175	.353	.074	.689	.217	.295	
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8

*. La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Correlación de polimorfismos genéticos vs parámetros físico-metabólicos en atletas sometidos a sobrecarga.

Mediante el programa SPSS versión 20 para Windows, se realizaron las pruebas estadísticas, las concentraciones de TNF, IL6, IL10, CK, Promedio de lactato fueron evaluadas en comparación con los genotipos presentados por los genes CK, IL6 y ACE, se empleó la prueba de Pearson bilateral para determinar la presencia de una correlación significativa entre estas variables, los valores considerados significativos fueron aquellos menores a 0.05. Los cuadros marcados color azul representan los valores observados como significativos.

Correlaciones

		TNF24C	TNF24S	TNF48C	TNF48S	IL1024C	IL1024S	IL1048C	IL1048S	CK24C	CK24S	CK48C	CK48S	PromLactato	IL645C	IL645S
TNF24C	Correlación de Pearson	1	.396	.910**	.944**	.544	-.053	-.089	.224	.094	-.038	-.016	-.185	-.146	.724*	-.409
	Sig. (bilateral)		.332	.002	.000	.163	.901	.835	.594	.824	.928	.970	.661	.729	.042	.314
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
TNF24S	Correlación de Pearson	.396	1	.293	.187	-.386	-.629	-.338	-.112	-.173	.151	-.191	.112	.151	.329	.076
	Sig. (bilateral)	.332		.481	.658	.345	.095	.413	.792	.683	.721	.651	.791	.721	.426	.859
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
TNF48C	Correlación de Pearson	.910**	.293	1	.928**	.548	-.238	-.075	.140	.217	-.201	-.055	-.373	-.289	.763*	-.504
	Sig. (bilateral)	.002	.481		.001	.159	.571	.860	.740	.606	.633	.898	.362	.488	.028	.203
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
TNF48S	Correlación de Pearson	.944**	.187	.928**	1	.634	-.018	.165	.315	.260	-.182	.141	-.285	-.132	.622	-.430
	Sig. (bilateral)	.000	.658	.001		.091	.965	.696	.447	.533	.667	.738	.494	.756	.100	.287
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
IL1024C	Correlación de Pearson	.544	-.386	.548	.634	1	.512	.132	.215	.089	-.117	.129	.082	-.668	.249	-.141
	Sig. (bilateral)	.163	.345	.159	.091		.195	.756	.610	.833	.783	.761	.847	.070	.551	.740
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
IL1024S	Correlación de Pearson	-.053	-.629	-.238	-.018	.512	1	.018	.388	.238	.488	.428	.338	-.189	-.395	.101
	Sig. (bilateral)	.901	.095	.571	.965	.195		.966	.343	.571	.220	.290	.413	.654	.333	.811
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
IL1048C	Correlación de Pearson	-.089	-.338	-.075	.165	.132	.018	1	.364	.088	-.570	.434	-.203	.334	-.263	.017
	Sig. (bilateral)	.835	.413	.860	.696	.756	.966		.376	.835	.140	.283	.630	.419	.530	.968
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
IL1048S	Correlación de Pearson	.224	-.112	.140	.315	.215	.388	.364	1	.568	.328	.871**	-.350	.187	-.128	-.461
	Sig. (bilateral)	.594	.792	.740	.447	.610	.343	.376		.142	.428	.005	.395	.657	.762	.251
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
CK24C	Correlación de Pearson	.094	-.173	.217	.260	.089	.238	.088	.568	1	.458	.765*	-.191	.082	-.299	-.170
	Sig. (bilateral)	.824	.683	.606	.533	.833	.571	.835	.142		.254	.027	.650	.847	.472	.688
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
CK24S	Correlación de Pearson	-.038	.151	-.201	-.182	-.117	.488	-.570	.328	.458	1	.420	.375	-.026	-.365	.146
	Sig. (bilateral)	.928	.721	.633	.667	.783	.220	.140	.428	.254		.300	.360	.951	.374	.729
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
CK48C	Correlación de Pearson	-.016	-.191	-.055	.141	.129	.428	.434	.871**	.765*	.420	1	-.054	.165	-.521	-.063
	Sig. (bilateral)	.970	.651	.898	.738	.761	.290	.283	.005	.027	.300		.900	.697	.186	.883
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
CK48S	Correlación de Pearson	-.185	.112	-.373	-.285	.082	.338	-.203	-.350	-.191	.375	-.054	1	-.303	-.540	.912**
	Sig. (bilateral)	.661	.791	.362	.494	.847	.413	.630	.395	.650	.360	.900		.466	.168	.002
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
PromLactato	Correlación de Pearson	-.146	.151	-.289	-.132	-.668	-.189	.334	.187	.082	-.026	.165	-.303	1	-.103	-.136
	Sig. (bilateral)	.729	.721	.488	.756	.070	.654	.419	.657	.847	.951	.697	.466		.809	.747
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
IL645C	Correlación de Pearson	.724*	.329	.763*	.622	.249	-.395	-.263	-.128	-.299	-.365	-.521	-.540	-.103	1	-.672
	Sig. (bilateral)	.042	.426	.028	.100	.551	.333	.530	.762	.472	.374	.186	.168	.809		.068
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
IL645S	Correlación de Pearson	-.409	.076	-.504	-.430	-.141	.101	.017	-.461	-.170	.146	-.063	.912**	-.136	-.672	1
	Sig. (bilateral)	.314	.859	.203	.287	.740	.811	.968	.251	.688	.729	.883	.002	.747	.068	
	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

*. La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

Correlación de efecto biológico de la FTS en atletas con sobrecarga física.

Conclusiones

El desempeño físico es una característica heredada de aspecto multifactorial en el que las características físicas son influenciadas por la carga genética y factores ambientales de tal forma que las disparidades encontradas en el desempeño físico humano pudieran ser explicadas en parte por las diferencias genéticas y la interacción con el medio ambiente.

Por otra parte, se han realizado estudios científicos con el fin de encontrar genes candidatos que influencien el desempeño físico. Existen diversas características morfológicas en que se han estudiado la posible base genética y que influyen positivamente en el esfuerzo físico; estas incluyen la capacidad de resistencia al esfuerzo, desempeño muscular, habilidad de los tendones y ligamentos para resistir daños durante el esfuerzo físico y alta disposición fisiológica para el entrenamiento y la competencia en los perfiles nutricionales e inmunológicos en la recuperación post-ejercicio. Estas características dependen del sexo del atleta, grupo étnico y el tipo de deporte practicado. Las distintas disciplinas comprenden acciones físicas que involucran tanto fuerza, velocidad y/o resistencia y el desarrollo de

cada una de estas características es el objetivo de un buen plan de entrenamiento en el deporte de alto rendimiento. Debido a que la condición física tiene un fuerte componente genético, los atletas pueden presentar una posible predisposición genética hacia un incremento en el desempeño de una actividad deportiva específica, y la determinación de tal condición puede ser importante para el avance y desarrollo de su carrera deportiva.

El deporte del tenis de alta competencia cuenta con características específicas que lo establecen dentro del grupo técnico metodológico de juegos deportivos intermitentes o acíclicos en donde los sistemas energéticos utilizados son de carácter mixto, es importante señalar que por la duración de los puntos, los juegos, los sets y los partidos los sistemas aeróbico y anaeróbico entran en juego sin dejar de mencionar el resto de las capacidades condicionales y coordinativas las cuales se manifiestan de diferente manera a lo largo del proceso de preparación en entrenamiento y competencia del atleta tenista; dentro de las cualidades que un tenista de alto nivel debe reflejar tanto en entrenamiento y competencia como mínimo este deberá tener una adecuada recuperación de esfuerzo a esfuerzo (25 segundos entre puntos), de noventa (90) segundos en los cambios de lado en la cancha así como de partido a partido (día a día) en donde el atleta tenista es requerido para volver a competir en cualquiera de las modalidades en las que se encuentra participando.

Se realizó la evaluación de los parámetros físicos y metabólicos de las etapas: basal, posterior al entrenamiento sin foto sintonización y posterior al entrenamiento con exposición a foto sintonización; con intensidades por arriba del umbral aeróbico sustentado en frecuencias cardiacas al 80% y niveles de ácido láctico promedio mayores a 7 mmoles por litro de sangre buscando lograr indicadores de recuperación metabólica de Urea y Creatin quinasa que nos permitieran establecer como valido el uso de la terapia por foto sintonización para los cuales obtuvimos los siguientes resultados relevantes.

Al analizar los resultados de los parámetros físicos y metabólicos en el presente protocolo nos indica que la capacidad motora de fuerza con las distintas metodologías de control y medición sin la aplicación de la terapia de foto sintonización encontramos valores similares a los encontrados cuando los atletas fueron sometidos a la terapia de foto sintonización, en relación a la capacidad de velocidad y velocidad de reacción se encontraron valores similares de manera grupal sin y con la terapia antes descrita, en cuanto a la capacidad aeróbica descrita en la tabla 13 no sufrió cambio significativo en el microciclo de preparación en el que fueron analizados los atletas tenistas de la muestra sin y con foto sintonización, lo anterior debido a que dicha capacidad para poder incrementar sus valores requiere de periodos de tiempo más largos que le permitan asimilar las cargas de trabajo encaminadas a mejorar los valores de dicha capacidad expresados en consumo máximo de oxigeno (VO2 máx.).

Ahora bien, en cuanto a la Urea como producto final del metabolismo proteico, la cual es considerada un factor muy importante para evaluar el nivel de carga a través del volumen de la misma y su recuperación (objetivo principal del uso de la terapia de foto sintonización) de los atletas tenistas sometidos al estudio descubrimos que los valores sin foto sintonización fueron más altos que los valores encontrados con la aplicación de la terapia en específico a las 24 y 48 horas después de haber realizado el ejercicio exhaustivo, lo cual es un parámetro importante que nos indica un gran nivel de recuperación de los atletas estudiados (13.65% y 19.59%) respectivamente, de manera similar la creatin Quinasa como enzima del metabolismo fosfocreatinico y siendo también un indicador importante de desgaste físico a través de la intensidad del ejercicio (carga) encontramos valores altos sin la terapia de foto sintonización en comparación de los encontrados después de la aplica-

ción de la terapia a las 24 y 48 horas después de realizado el estímulo de ejercicio de manera intensa (9.05% y 13.35%) respectivamente, lo que nos permite establecer de manera contundente el hecho de que la aplicación de la terapia de foto sintonización funciono para generar recuperación de manera inmediata en los atletas tenistas sometidos al estudio.

En cuanto a las frecuencias de los genotipos y alelos analizados, se observó del gen *IL6* predomina el alelo asociado a recuperación favorable (*GG*) más sin embargo un individuo está predispuesto a lesiones con genotipo seguido del genotipo desfavorable (*CC*), indicando que presenta niveles bajos de la enzima lo que puede perjudicar en su recuperación. En el caso del genotipo de CK el genotipo más frecuente es el genotipo *AA* con un 50% lo cual indica que 4 de los individuos analizados presentan niveles altos de la enzima CK de manera endógena mientras que el resto presenta niveles normales. La distribución de las frecuencias del gen *ACE* se encuentra equilibrada en la población estudiada con un 25% los genotipos relacionados con velocidad/potencia (*DD*) y resistencia (*II*) y el 50% con el genotipo intermedio *ID*.

Entre las diferentes citocinas evaluadas, TNF, IL6, y IL10 mediante el Ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas (ELISA) los cuales se analizaron las muestras de suero a diferentes tiempos, 45min, 24hrs, 48hrs y 72hrs sin foto sintonización y con foto sintonización c/u. Se observó que con TNFsu concentración es baja pero con el tratamiento de foto sintonización la concentración aumenta de forma notable, este comportamiento indica que la terapia pudiese estar favoreciendo los procesos de inflamación y recuperación después del ejercicio.

En cuanto a la interleucina 6 asociada a una posible recuperación se observa en los primeros 45 minutos después del ejercicio y en la toma siguiente no se detecta. Se puede notar una diferencia de concentraciones con y sin el tratamiento de foto sintonización a los 45 minutos, observando que con la foto sintonización las concentraciones disminuyen al menos un 50 % lo que indica una posibilidad de que el estímulo en cada prueba en relación a la intensidad no fue estimulada la expresión de IL6 dando una posibilidad de no producirse para recuperación debido a una posible disminución del estrés fisiológico mediante la sobrecarga y por lo tanto un decremento en la inflamación.

La interleucina 10 (IL-10) se observa que a los 45 minutos después del ejercicio la concentración de IL-10 es alta pero con el tratamiento de foto sintonización los niveles disminuyen de forma notable debido a que no se presentó una inflamación aguda por lo que la respuesta inflamatoria posiblemente no fue estimulada para su recuperación protectora. Este comportamiento indica que la terapia favorece y mantiene a una concentración estable durante 3 días inhibiendo los procesos inflamatorios causados por el esfuerzo físico.

Por otra parte se observó cómo estudio de caso a un individuo con predisposición genética a lesiones e incremento de valores metabólicos de creatin quinasa, urea e interleucina 6. En este caso se agruparon los genotipos desfavorables reportados en la literatura con su genotipificación de los alelos de los genes IL6 (alelo CC), CK (Alelo) AA. En la correlación entre factores genéticos y expresión de citocinas de inflamación se encontró disminución de IL10 c/foto sintonización a la 24 horas y posteriormente a las 48 y 72 horas se observa un incremento notable de IL10 lo cual predispone a una respuesta antiinflamatoria y de recuperación en asociación con los niveles de IL6 los cuales se ven incrementados con la fototerapia.

Referencias

1. A. Buxens J. R. Ruiz D. Arteta M. Artieda C. Santiago M. González-Freire A. Martínez D. Tejedor J. I. Lao F. Gómez-Gallego A. Lucia (2011). Can we predict top-level sports performance in power vs endurance events? A genetic approach Scand J Med Sci Sports 21: 570–579.
2. Alberto Méndez-Villanueva, Jaime Fernández -Fernández, David Bishop (2007). Exercise-induced homeostatic perturbations provoked bysingles tennis match play with reference to development of fatigue. Br J Sports Med; 41:717–722. doi: 10.1136/bjsm.2007.037259.
3. Andreas Oberbach Stefanie Lehman Katharina Kirs Joanna Krist, Melanie Sonnabend, Axel Link Anke To¨njes, Michael Stumvoll, Matthias Bluher and Peter Kovacs (2008). Long-term exercise training decreases interleukin-6 (IL-6) serum levels in subjects with impaired glucose tolerance: effect of the K174G/C variant in IL-6 gene. European Journal of Endocrinology 159 129–136.
4. Alessandra Colombini, Giovanni Lombardi, Giuseppe Banfi, Marisa Arpesella, Gabriele Pelissero (2011). Athletogenomics and elite athletes: a review of the state of the art and a possible relationship with inflammatory response. Italian Jurnal of Public Health Year 9, Volume 8, Number 3.
5. Anne Marie W. Petersen, Bente Klarlund Pedersen Yamin C, Duarte JA, Oliveira JM, Amir O, Sagiv M, Eynon N, Sagiv M, Amir (2005). The anti-inflammatory effect of exercise RE. IL6 (174) and TNFA (308) Journal of Applied Physiology vol. 98 no. 41154-1162.
6. Bennermo M, Held C, Stemme S, Ericsson CG, Silveira A, Green F & Tornvall P (2004). Genetic predisposition of the interleukin-6 response to inflammation: implications for a variety of major diseases? Clin Chem 50, 2136–2140.
7. Bompa, T.O. (1990). Recovery following training and competition. Ed. Kendall/Hunt Publishing Company.
8. Charlotte Keller, Pernille Keller, Sonya Marshal and Bente Klarlund Pedersen (2003). IL-6 gene expression in human adipose tissue in response to exercise – effect of carbohydrate ingestion. J Physiol 550.3, pp. 927–931.
9. Chen Yamin, Offer Amir, Moran Sagiv, Eric Attias, Yoav Meckel, Nir Eynon (2007). ACE ID genotype affects blood creatine kinase response to eccentric exercise. J Appl Physiol 103:2057-2061.
10. Cláudio de Oliveira Assumpção, Leonardo Coelho Rabello Lima, Felipe Bruno Dias Oliveira, Camila Coelho Greco, and Benedito Sérgio Denadai (2013). Exercise-Induced Muscle Damage and Running Economy in Humans Review Article. The Scientific World Journal, Article ID 189149, 11 pag.
11. Daniel J Hornery, Damian Farrow, Inigo Mujika, Warren Young (2007). An integrated physiological and performance profile of professional tennis. Br J Sports Med, 41:531–536. doi: 10.1136/bjsm.2006.031351.
12. David Vaughan, Felicitas A. Huber-Abel, Franziska Graber, Hans Hoppeler, Martin Fluck (2013). The angiotensin converting enzyme insertion/deletion polymorphism alters the response of muscle energy supply lines to exercise. Eur J Appl Physiol 113:1719–1729.
13. De Moor MH, Spector TD, Cherkas LF, Falchi M, Hottenga JJ, *et al*,. (2007). Genome wide linkage scan for athlete status in 700 British female DZ twin pairs. Twin Res Hum Genet 10: 812–820.
14. D Q Zhou, Y Hu, G Liu, L Gong, Y Xi, and L Wen (2006). Muscle-specific creatine kinase gene polymorphism and running economy responses to an 18-week 5000-m training programme. Br J Sports Med 40:988-991.
15. F.A. Sayed-Tabatabaei, B.A. Oostra, A. Isaacs, C.M. van Duijn, J.C.M. Witteman (2006). ACE Polymorphisms. Circ Res 98:1123-1133.
16. Febbraio MA, Pedersen BK. (2002). Muscle-derived interleukin-6: mechanisms for activation and possible biological roles. FASEB J 16: 1335-1347.
17. Fishman D, Faulds G, Jeffery R, Mohamed-Ali V, Yudkin JS, Humphries S & Woo P (1998). The effect of novel polymorphisms in the interleukin-6 (IL-6) gene on IL-6 transcription and plasma IL-6 levels, and an association with systemic-onset juvenile chronic arthritis. J Clin Invest 102,1369–1376.
18. Goh K P, Chew K, Koh A, Guan M, Wong Y S, Sum C F. (2009). The relationship between ACE gene ID polymorphism and aerobic capacity in Asian rugby players. Singapore Med J 2009; 50(10): 997.
19. Halil Tanriverdi (2005). Effects of angiotensin-converting enzyme polymorphism on aortic elastic parameters in athletes. Cardiology 104:113-9.
20. Hechmi Toumi, Sleem F'guyer and Thomas M. Best (2006). REVIEW The role of neutrophils in injury and repair following muscle stretch. J. Anat. 208, pp459–470.
21. Hornery DJ, Farrow D, Mujika I, *et al*., (2007). An integrated physiological and performance profile of professional tennis. Br J Sports Med; doi: 10.1136/bjsm.
22. Ian Mayne (2006). Examination of the ACE and ACTN3 Genes in UTC Varsity Athletes and Sedentary Students. Departmental Honors Thesis University of Tennessee at Chattanooga.
23. J.Borms, M. Hebbelinck, A.P Hills, T.Noakes (2009) .Genetics and Sports. Medicine and Sports Science Vol.54 KARGER.
24. J Maquirriain, J P Ghisi (2006). The incidence and distribution of stress fractures in elite tennis players. Br J Sports Med; 40:454–459. doi: 10.1136/bjsm.2005.023465.
25. J. Navarro García, J. A. Ruiz Caballero,E. Navarro García,E. Brito Ojeda (2007) . Lesiones en el deporte: generalidades. 21 a Jornadas 63-65.
26. Kaldis P, Hemmer W, Zanolla E, Holtzman D, Wallimann T (1996). 'Hot spots' of creatine kinase localization in brain: cerebellum, hippocampus and choroid plexus. Dev Neuroscience; 18:542–554.
27. Lippincott Williams & Wilkins (2011). Cardiovascular Physiology Concepts Second Edition Published by ISBN: 9781451113846.

28. Ma F, Yang Y, Li X, Zhou F, Gao C, *et al.*, (2013). The Association of Sport Performance with ACE and ACTN3 Genetic Polymorphisms: A Systematic Review and Meta-Analysis. PLoS ONE 8(1): e54685. doi:10.1371/journal.pone.0054685.
29. Mark L ML Field, Omar O Khan, Jayasimha J Abbaraju, Joseph F JF Clark (2006). Functional compartmentation of glycogen phosphorylase with creatine kinase and Ca2+ ATPase in skeletal muscle. J Theor Biol 238(2):12 .
30. Melanie Swan (2012). Review: Applied genomics: personalized interpretation of athletic performance genetic association data for sports performance capability and injury reduction. The Journal of bioscience and Medicine DOI: 10.5780/jbm2012.2.
31. Moran, C.N., Scott, R.A., Wilson, R.H., Georgiades, E., Goodwin, W., Wolde, B., Pitsiladis, Y.P (2004). Increased frequency of an ACE polymorphism in Ethiopian elite marathon runners. Medicine & Science in Sports & Exercise. 36(5): S259.
32. M.W. Petersen, B.K. Pedersen (2006). The role of il-6 in mediating the anti-inflammatory effects of exercise. Journal of physiology and pharmacology 57, suppl 10, 43–5.
33. Nazarov IB, Woods DR, Montgomery HE, Shneider OV, Kazakov VI, Tomilin NV, Rogozkin VA (2001). The angiotensin converting enzyme I/D polymorphism in Russian athletes. Eur J Hum Genet. 10:797-801.
34. Nigro JM, Schweinfest CW, Rajkovic A, Pavlovic J, Jamal S, Dottin RP, Hart JT, Kamarck ME, Rae PM, Carty MD (1987). cDNA cloning and mapping of the human creatine kinase M gene to 19q13. Am J Hum Genet. (2):115-25.
35. Offer Amir 1, Ruthie Amir 2 , Chen Yamin 1 , Eric Attias 1 , Nir Eynon 1 , Moran Sagiv 1 , Michael Sagiv 1and Yoav Meckel 1.(2007) The ACE deletion allele is associated with Israeli elite endurance athletes. Exp Physiol 92.5 pp 881–886.
36. Pedersen BK, Steensberg A, Fischer C, *et al.*, (2003). Searching for the exercise factor - is IL-6 a candidate. J Muscle Res Cell Motil 24: 113-119.
37. Pedersen BK, Hoffman-Goetz L. (2000). Exercise and the immune system: regulation, integration and adaption. Physiol Rev 80: 1055-1081.
38. Petersen AMW & Pedersen BK (2005). The anti-inflammatory effect ofexercise. Journal of Applied Physiology 98 1154–1162.
39. Rankinen T, Bray MS, Hagberg JM, Pérusse L, Roth SM, Wolfarth B, Bouchard C (2006). The human gene map for performance and health-related fitnessphenotypes: the 2005 update. Med Sci Sports Exercise, 38:1863–1888.
40. R. Child, S. Brown, S. Day, A. Donnelly, H. Ropers and J. Saxton (1999). Changes in indices of antioxidant status, lipid peroxidation and in¯ammation in human skeletal muscle after eccentric muscle actions. Clinical Science 96, 105±115 (Printed in Great Britain.
41. Rivera MA, Dionne FT, Wolfarth B, Chagnon M, Simoneau JA, Pérusse L, Boulay MR, Gagnon J, Song TM, Keul J, Bouchard C. (1997). Muscle-specific creatine kinase gene polymorphisms in elite endurance athletes and sedentary controls. Med Sci Sports Exerc. (11):1444-7.
42. Roman, B.B., Wieringa, B., and Koretsky, A.P. (1997). Functional Equivalence of Creating Kinase Isoforms in Mouse Skeletal Muscle, The Journal of Biological chemistry, 272: 17790-17794.
43. Roth SM, Schrager MA, Lee MR, Metter EJ, Hurley BF, Ferrell RE (2003). Interleukin-6 (IL6) genotype is associated with fat-free mass in men but not women. J Gerontol A Biol Sci Med Sci; 58: B1085-B1088.
44. Ruiz JR, Buxens A, Artieda M, Arteta D, Santiago C,Rodríguez-Romo G, Lao JI, Gómez-Gallego F & Lucia A (2010b). The − 174 G/C polymorphism of the IL6 gene is associated with elite power performance. J Sci Med Sport 13, 549–553.
45. Saul Myerson, Harry Hemingway, Richard Budget, John Martin, Steve Humphries, Hugh Montgomery and With the Technical Assistance of Maj Mutch and Helen McGloin (1999). Human angiotensin I-converting enzyme gene and endurance performance. ; J Appl Physiol 87:1313-1316.
46. Scott, R.A., Moran, C., Wilson, R.H., Onywera, V., Boit, M.K., Goodwin, W.H., Gohlke, P., Payne, J., Montgomery, H., Pitsiladis, Y.P. (2005). No ssociation between Angiotensin Converting Enzyme (ACE) gene variation and endurance athlete status in Kenyans. Comparative Biochemistry and Physiology. 141: 169-175.
47. Sekerli Eleni, Katsanidis Dimitrios, Papadopoulou Vaya, Makedou Areti, Vavatsi Norma, Gatzola Magdalini. (2008). Angiotensin-I converting enzyme gene and I/D polymorphism distribution in the Greek population and a comparison with other European populations. J Genet. Apr; 87 (1):91-3.
48. Shu Ye, Dhillon, Sahar, Ke, Xiayi, Collins, Andrew R. and Day, Ian N.M (2001). An efficient procedure for genotyping single nucleotide polymorphisms. Nucleic Acids Reasearch Vol. 29, No. 17e88.
49. Tidball JG (2005). In Inflammatory processes in muscle injury and repair. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 288:345–353.
50. Tsukinaka T, Ebisui C, Fujita J (1995) Muscle undergoes atrophy in association with increase of lysosomal cathepsin activity in interleukin-6 transgenic mice. Biochem Biophys Res Commun 207, 168–174.
51. Wyss M, Schulze A. (2002). Health implications of creatine: can oral creatine supplementation protect against neurological and atherosclerotic disease? Neuroscience; 112:243–260.
52. Yamin C, Duarte JA, Oliveira JM, Amir O, Sagiv M, Eynon N, Sagiv M & Amir RE (2008). IL6 (− 174) and TNFA (–308) promoter polymorphisms are associated with systemic creatine kinase response to eccentric exercise. Eur J Appl Physiol 104, 579586.
53. Yuval Heled, Michael S. Bloom, T. John Wu, Quiona Stephens Patricia A. Deuster. 2007. CM-MM and ACE genotypes and physiological prediction of the creatine kinase response to exercise. J Appl Physiol 103:504-510.

Estudios contemporáneos asociados al enfrentamiento y rendimiento deportivo, de Luis Enrique Carranza García, Germán Hernández Cruz, Ricardo López García, Fernando Alberto Ochoa Ahmed y Blanca Rocío Rangel Colmenero, terminó de imprimirse en marzo de 2015, en los talleres de Serna Impresos, S. A. de C. V. En su composición se utilizaron los tipos NewBskvll BT 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15 y 48. El cuidado de la edición estuvo a cargo de Juan Ramón Piña de la Fuente. Formato interior y diseño de portada de Claudio Tamez Garza.